
B 426904
DUPL





SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1901

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1901

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

1901

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1901

N° 1.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de janvier 1901, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Administration Report of the Government of Bengal, Irrigation Department, for the year 1899-1900 (in-4°, 335 × 210 de 108 p.). Calcutta, Bengal Secretariat Press, 1900. 40588

Cantin (C.). — *Le Phylloxera. Sa destruction par le lysol*, par G. Cantin (in-8°, 260 × 180 de 23 p.). Paris, Librairie agricole de la Maison rustique (Don de l'éditeur). 40621

Menier. Paris. Fabrication spéciale de chocolats de qualité supérieure (Exposition universelle de Paris, 1900) (in-8°, 235 × 155 de 44-XIII p. avec 2 phot. et 3 pl.). Paris, Plon-Nourrit et Cie, 1900 (Don de M. J. Logre, M. de la S.). 40581

Chemins de fer et Tramways.

Essais de locomotives à grande vitesse de différents chemins de fer français et anglais faits en 1889 et 1890 entre Paris et Laroche. Tableaux et planches (Mis à jour au 26 décembre 1900) (Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Matériel et Traction) (in-4°, 305 × 210 de 270 p.). Paris, E. Geoffroy (Don de M. Ch. Baudry, Président de la Société). 40607

Levat (D.). — *Le chemin de fer de la Guyane française.* Conférence donnée le 12 janvier 1901 à la Société Française des Ingénieurs Coloniaux, par M. David Levat (in-8°, 255 × 165 de 47 p. avec 1 pl. et 9 grav.) (Extrait du Bulletin de la Société Française des Ingénieurs coloniaux). Paris, Imp. G. Picquoin, 1901 (Don de l'auteur). 40622

Chimie.

Lahache (J.-E.). — *Les Industries chimiques en Algérie*, par J.-E. Lahache (Algérie, Exposition universelle de 1900) (in-8°, 215 × 140 de 68 p.). Alger-Mustapha, Giralt, 1900 (Don de l'auteur). 40580

Construction des machines.

Forestier (G.). — *Address on « Heavy Motor Traffic in France », delivered at the opening Meeting of the fifth session at St. Georges Hall, Liverpool, on Monday December 3 rd. 1900*, by Mons. Georges Forestier (The Liverpool Self-Propelled Traffic Association) (in-8°, 245 × 155 de 27 p.). Liverpool, Journal of Commerce, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40586

Forestier (G.). — *Essai d'une Étude didactique des conditions d'établissement d'une Voiture à traction mécanique sur routes*, par G. Forestier (in-8°, 240 × 155 de 216 p. avec 143 fig.). Paris, Le Génie Civil. Ch. Béranger, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40585

Luraschi (A.). — *Régularisation de la vitesse des turbines accouplées aux dynamos*, par Arnoldo Luraschi (Extrait du Bulletin n°s 9-10 de l'Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore) (in-8°, 250 × 150 de 36 p. avec 12 fig.). Liège, Léon de Thier, 1900 (Don de l'auteur). 40627

Système international de filetages à base métrique et Tableau de la série normale du diamètre des pas et des ouvertures des clefs. Établis par le Congrès international à Zurich du 2 au 4 octobre 1898, ainsi que par la Conférence internationale chargée de la rédaction du 20 octobre 1900 (in-8°, 225 × 155 de 7 p.). Zurich, F. Lohbauer, 1900 (Don de l'Union Suisse des Industriels et des Mécaniciens). 40578

Économie politique et sociale.

Annuaire général des Sociétés coloniales 1900-1901, par Robert Forville (in-8°, 210 × 135 de xii-363 p.). Paris, C. Lamy, 1900. 40582

Électricité.

Eerste Gedeelte der Veiligheidsvoorschriften voor Electrische Sterkstroom-installaties. Vartgesteld door de Vakafdeeling voor Electrotechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs haar vergadering van 7 April 1900 (1 broch. 160 × 105 de 29 p. avec 3 pl.). Delft, J. Watman Jr., 1900. 40625

LACAUCHIE (L.). — *Société des Accumulateurs électriques à gaz sous pression et des accumulateurs électriques légers à haute tension, système Commelin et Viau.* Notice par L. Lacauchie (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 240 × 160 de 12 p.). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900 (Don de M. Ed. Commelin, M. de la S.). 40584

L'Accumulateur. Modèle démontable en carton pour l'enseignement sans maître et à l'usage des écoles industrielles, avec texte explicatif, par un Ingénieur-Électricien (un vol. 245 × 350 de 27 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 40614

Lampes à arc et Compteur d'électricité. Modèles démontables en carton pour l'enseignement sans maître et à l'usage des écoles industrielles, avec un texte explicatif, par un Ingénieur-Électricien (un vol. 245 × 350 de 16 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 40615

Moteur à courant triphasé. Modèle démontable en carton pour l'enseignement sans maître et à l'usage des écoles industrielles, avec un texte explicatif, par un Ingénieur-Électricien (un vol. 245 × 350 de 11 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 40616

Enseignement.

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl' Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1900-1901 (in-32, 140 × 100 de 119 p.). Roma, Tip. della R. Accad. dei Lincei, 1900. 40628

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl' Ingegneri. Programmi d'insegnamento pel quinquennio scolastico 1900-1901 à 1904-1905 (Agosto 1900) (in-8°, 270 × 180 de 46 p.). Roma, Tip. della R. Accad. dei Lincei, 1900. 40629

Université de Liège. Association des Élèves des Écoles spéciales. Rapport annuel présenté à l'assemblée générale du vendredi 6 novembre 1900, en conformité de l'art. 50 du règlement, par M. Hector Pouleur, Secrétaire. *Liste des Membres* pour 1900-1901 (in-8°, 230 × 150 de 36 p.). Liège, Imp. Liégeoise, Henri Poncelet, 1900. 40623

Géologie et Sciences naturelles diverses.

LAUNAY (L. DE). — *Géologie pratique et Petit Dictionnaire technique des termes géologiques les plus usuels. Engrais minéraux. Sources. Explorations minières. Levés géologiques*, par L. de Launay (in-16, 185 × 120 de VIII-344 p.). Paris, Armand Colin, 1901 (Don de l'éditeur). 40620

Métallurgie et Mines.

BEL (J.-M.). — *Prospections de mines et travaux de recherches en différents pays.* Conférence faite par M. J. Marc Bel à la séance du 25 juin 1900 du District de Paris de la Société de l'Industrie minérale (Extrait des Comptes rendus mensuels, numéro de septembre-octobre 1900) (in-8°, 220 × 140 de 27 p.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1900. 40626

BREHIER (E.). — *Traité de la Chaudronnerie industrielle en cuivre et en fer. Outillage. Tracés et coupes. Construction des appareils industriels.* Leçons professées au cours de chaudronnerie fondé à l'Association philotechnique, par E. Brehier (in-8°, 250 × 165 de 564 p. avec 370 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40619

Forges et Ateliers de construction P. Malissard-Taza, Anzin, Nord. Matériel fixe et roulant pour mines, chemins de fer et usines métallurgiques (Exposition universelle de 1900) (album 130 × 270 de 48 p.). Paris, 1900 (Don de M. P. Malissard-Taza, M. de la S.). 40592

Forges et Ateliers de construction P. Malissard-Taza, Anzin, Nord. Notice sur le matériel exposé par M. P. Malissard-Taza dans le Pavillon de la Société de l'Exposition minière souterraine de 1900 (in-4°, 270 × 210 de 8 p. avec 1 pl.). *Parachute Malissard pour guidage métallique. Tableau des expériences* (in-4°, 310 × 210 de 4 p.). Paris, L. Courtier, 1900 (Don de M. P. Malissard-Taza, M. de la S.). 40593 et 40594

Recueils statistiques sur les métaux suivants : plomb, cuivre, zinc, étain, argent, nickel, aluminium et mercure. Etablis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft, A. G. Francfort-sur-Mein (7e année 1890-1899) (in-4°, 270 × 210 de 74 p.). Francfort-sur-Mein, 1900. 40577

Navigation aérienne intérieure et maritime.

Concurso para la construcción y explotación de un Puerto comercial en la ciudad del Rosario. Documentos preliminares (República Argentina. Ministerio de Obras públicas. Inspección general de Navegación y Puertos) (12 volumes 270 × 180). Buenos Aires, Guillermo Kraft, 1900 (Don du Ministerio de Obras públicas de la República Argentina, de la part de M. George Duclout, M. de la S.). 40595 à 40605 *bis*

CORTHELL (E.-L.). — *Informe del Ingeniero Elmer L. Corthell sobre los canales de acceso al puerto Madero* (in-8°, 245 × 160 de 55 p.). Buenos-Aires, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40608

Physique.

GUILLAUME (Ch.-Éd.) et POINCARÉ (L.). — *Rapports présentés au Congrès international de Physique réuni à Paris en 1900, sous les auspices de la Société Française de Physique*, rassemblés et publiés par Ch.-Éd. Guillaume et L. Poincaré, Secrétaires généraux du Congrès. Tomes I, II et III (3 vol. in-8°, 255 × 165). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de la Société Française de Physique). 40610 à 40612

Petite Encyclopédie scientifique et industrielle publiée sous la direction de Henry de Graffigny. *Les agglomérés* (in-16, 180 × 130 de 160 p. avec 25 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40617

Petite Encyclopédie scientifique et industrielle publiée sous la direction de Henry de Graffigny. *Guide historique et pratique de l'opticien*, par Paul Jacquemin (in-16, 180 × 130 de 99 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40618

Routes.

Annuaire des Agents Voyers, 1901. Cinquante-sixième édition. Personnel (in-8°, 215 × 140 de CXII p.). Paris, Paul Dupont, 1900. 40583

Technologie générale.

Almanach Hachette. Petite Encyclopédie pratique de la vie populaire. Édition simple pour 1901 (in-16 de 432-XCVI p.). Paris, Hachette et Cie, 1901. 40587

American Society of Civil Engineers. Catalogue of the Library. June 1900 (in-8°, 225 × 145 de 703 p.). New York City, 1900. 40589

Association Française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris. Compte rendu de la 29e session. Première partie, Documents officiels. Procès-verbaux (in-8°, 245 × 155 de CXII-331 p.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1900. 40609

Jury international (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 275 × 185 de LXXXVI-367 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900 (Don de M. Bréant, Chef de Bureau du Catalogue). 40606

Tables générales des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, publiées par les Secrétaires perpétuels, conformément à une décision de l'Académie en date du 13 juillet 1835. *Tomes XCII à CXXI, 5 janvier 1881 à 30 décembre 1895* (in-4°, 280 × 225 de 1 739 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1900. 40624

Transactions of the North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Volume XVI. Sixteenth session 1899-1900 (in-8°, 245 × 150 de LXII-327 p. avec 20 pl.). London and Newcastle-upon-Tyne, Andrew Reid and Company, 1900. 40590

Travaux publics.

Annuaire d'adresses des fonctionnaires du Ministère des Travaux publics, des Chemins de fer, de la Navigation, des Mines, de l'Industrie et des Banques 1901 (in-12, 180 × 110 de 381 p.). Paris, au Bureau des Huissiers du Cabinet du Ministre, 1901. 40579

DUCLAUX. — *Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. Travaux des années 1899 et 1900 sur les eaux de l'Avre et de la Vanne. Rapport général de M. Duclaux. Procès-verbaux de la Commission. Rapports annexes* (République Française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales) (in-4°, 270 × 215 de 397 p., avec pl.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1901 (Don de M. le Préfet de la Seine). 40613

Procédés Marmier et Abraham pour la stérilisation des eaux par l'ozone (Société industrielle de l'ozone) (in-8°, 245 × 155 de 31 p. avec 15 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1900. 40591

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1901 sont :

Comme Membres Honoraires MM.

Ch.-H. Morgan, présenté par MM. Canet, Baudry, Salomon, Badois, Mesureur, L. de Chasseloup-Laubat.
C.-A. Parsons, — Canet, Baudry, Salomon, Badois, Mesureur, L. de Chasseloup-Laubat.
Sir W. Roberts-Austen — Canet, Baudry, Salomon, Badois, Mesureur, L. de Chasseloup-Laubat.

Comme Membres Sociétaires MM.

K.-A. Bandyopadhyay, présenté par MM. Canet, L. de Chasseloup-Laubat, Doyle.
C. Basiliades, — Canet, D. Casalonga, A. Mallet.
S.-P. Bizet, — Mesureur, Azaria, Limousin.
A. Collot, — Canet, A. Moreau, Laval.
L. Elkine, — Canet, A. Mallet, de Dax.
F.-J. Erhard, — Carimantrand, Levi, P. Mallet.
A. Hugot, — Becard, Cheuret, Cholet.
J.-E. Kelley, — Ed. Lippmann, Eug. Lippmann, Sussfeld.
E.-A. Laurent, — Mesureur, Flicoteaux, Limousin.
J.-A. Lemetais, — Biderman, E. Lambert, Popineau.
P.-E. Mercier, — de La Vallée Poussin, Vautelet, de Dax.
P.-L. Novinœ, — Mesureur, Limousin, Ravel.
V.-F. Robin, — Bailleux, E. Bernheim, Roussel.
C. Sellerier, — Canet, Salazar, de Dax.
G.-L. Vesier, — Canet, Ghesquière, Lequin.

Comme Membre Associé M.

A.-H.-G. Armand, présenté par MM. Canet, L. de Chasseloup-Laubat, G. de Chasseloup-Laubat.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1901

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 JANVIER 1901

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. G. Canet, Président sortant, prononce le discours suivant (1) :

Mes chers Collègues,

L'Exposition Internationale Universelle de 1900 devait forcément amener pour notre laborieuse Société un surcroît considérable de travail et d'activité, et c'est un véritable plaisir pour moi d'avoir tout d'abord à vous rappeler, dans leur ensemble, les inoubliables souvenirs de cette année mémorable.

Pour faire honneur à notre passé, il fallait organiser des fêtes aussi brillantes que celles du Cinquantenaire, et suivre les différentes phases de l'Exposition, en prenant part à toutes ses manifestations, et cela sans amener aucun trouble dans le fonctionnement normal et régulier de notre organisme. J'avais compté, pour les multiples devoirs à remplir, sur le précieux concours des Membres du Bureau, du Comité et de la Société. Je suis heureux de reconnaître qu'il ne m'a jamais fait défaut et que c'est grâce au dévouement de tous que j'ai pu mener à bien la mission délicate que vous m'aviez confiée. Je vous adresse ici, mes chers Collègues, avec mes plus vifs remerciements, l'expression de ma bien sincère reconnaissance.

Votre Comité avait décidé que, suivant l'exemple de nos devanciers en 1889, nous inviterions, à l'occasion de l'Exposition de 1900, les Sociétés étrangères techniques et savantes, avec lesquelles nous entretenons d'agréables relations professionnelles. Toutefois, pour donner aux réceptions que nous projetions un caractère particulier de camaraderie

(1) Voir la liste annexe des renseignements, page 37.

et d'intimité, nous avions résolu de faire appel aux sentiments de confraternité qui lient entre eux tous les Ingénieurs, à quelque pays qu'ils appartiennent, et d'ouvrir toutes grandes les portes de notre hôtel à nos hôtes en leur disant :

« Messieurs, soyez les bienvenus ; vous êtes ici chez vous, notre maison est la vôtre, utilisez nos relations, notre personnel, nos bureaux, notre bibliothèque. Nous sommes à votre disposition pour vous faciliter les visites d'ateliers, d'industries, comme si vous étiez des nôtres ; en un mot, veuillez, pendant votre court séjour à Paris, accepter le titre de Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France. Notre offre cordiale et franche ne peut être une gêne pour aucun de vous. Nous ne vous convions pas, en effet, à oublier, même pendant un instant, les liens qui vous attachent à vos patries respectives, ni à abdiquer vos nationalités. Comme nous, vous entendez toujours contribuer à la grandeur de vos pays, mais, comme nous aussi, vous ne comprenez cette grandeur que par celle de l'idée qui nous est commune, et dont vous et nous sommes fiers d'être les bons serviteurs. La mission supérieure de l'ingénieur est la même partout. Tous, nous voulons sans cesse augmenter le domaine de la science universelle en reculant toujours les bornes de ses applications ; tous, nous voulons de plus en plus asservir les forces de la nature et multiplier leurs transformations pour accroître continuellement le bien-être de l'humanité. Cette idée supérieure, directrice de nos travaux, instigatrice de nos efforts, crée le lien qui nous unit, et c'est en nous plaçant sous son égide que nous vous demandons de prendre place parmi nous. »

Le sentiment auquel nous obéissions fut compris, et nous pouvons avec fierté reconnaître qu'une fois encore, la voix grande et généreuse de la France a été entendue, et que l'univers entier est venu en foule vers la lumière que projetait Paris, qui était bien, à ce moment, la capitale du monde. Le but que nous cherchions a donc été atteint. Nos hôtes nous ont exprimé de la manière la plus flatteuse l'impression que notre accueil leur avait laissée, et je suis certain qu'ils ont emporté la conviction que, si les anciennes traditions françaises d'hospitalité et de courtoisie avaient tendance à disparaître un jour, on les retrouverait entières à la Société des Ingénieurs Civils de France.

Je ne peux que rappeler ici brièvement les divers épisodes de nos réceptions auxquelles vous avez assisté, et qui sont certainement encore présentes à votre esprit ; mais je tiens avant tout à répéter combien nous sommes reconnaissants à ceux de nos Collègues qui avaient bien voulu nous apporter leur concours pour l'organisation de nos fêtes : M. le Commissaire général Paul Roger, MM. les Commissaires généraux adjoints Pozzy, Bougenaux et Stolz, ainsi que les Commissaires qui les ont assistés pour tous les détails. Ils avaient déjà trouvé leur récompense dans le succès qui avait couronné leurs efforts ; qu'ils reçoivent de plus nos bien sincères remerciements. *(Applaudissements.)*

Nous avions, dès l'origine, fixé aux mois de juin et de juillet l'époque de nos réceptions : nous fîmes auprès de nos confrères étrangers un appel qui fut largement entendu.

Ce sont les 15, 18 et 20 juin que nous eûmes l'honneur et le plaisir de recevoir, au nombre de vingt et une, les Sociétés confraternelles d'Allemagne, d'Angleterre, d'Autriche, de Hongrie et des États-Unis. Je ne vous en donne pas la longue nomenclature, vous la retrouverez dans nos bulletins.

Vous avez gardé le souvenir de la charmante « conversazione » qui inaugura ces réunions le 15 juin. Grâce à la connaissance que plusieurs de nos Collègues avaient de la langue anglaise, la glace fut vite rompue, et il s'établit de suite entre nous un échange de relations simples, accueillantes, je dirai plus, affectueuses, et ce devait être jusqu'à la fin la note dominante et caractéristique de nos fêtes.

Le 18 juin, dans notre hôtel, une soirée musicale et littéraire réunissait nos Collègues français et étrangers, ainsi que leurs familles, aux personnalités les plus marquantes du monde officiel et de l'Exposition. Ce délassement artistique fut très apprécié, et nous pûmes constater que nous avions été dans le vrai en abandonnant momentanément nos travaux sérieux pour un élément purement mondain.

Le 20 juin, nous faisions nos adieux à la première série de nos hôtes dans un banquet très réussi à l'Hôtel Continental,

Puis-je en résumer les toasts, empreints d'une cordialité et d'une amitié sincères? Puis-je même essayer de vous donner une impression de cette confraternité unanime, vous remémorer cet enthousiasme si réel et si chaleureux? Je ne le tenterai pas. Je craindrais en vérité de n'en pas dépeindre l'aspect avec d'assez vives couleurs.

Le 29 juin, une nouvelle série commence et se continue non moins brillante et dans les mêmes conditions.

Nous recevions, en effet, nos excellents confrères d'Alsace, de Belgique, de Colombie, de Danemark, d'Espagne, de Hollande, d'Italie, du Mexique, de Norvège, de Portugal, de la République Argentine, de Russie, de Suède et de Suisse. Trente-trois Sociétés avaient répondu à notre invitation et s'étaient fait représenter par des Membres au nombre desquels la Société des Ingénieurs Civils de France comptait, avec joie, de chers et anciens amis.

Donc, ce jour-là, eut lieu comme précédemment, en toute cordialité, une « conversazione » inaugurale.

Le 2 juillet, une soirée musicale et littéraire réunissait de nouveau nos hôtes, leurs femmes et nos invités spéciaux. Tous nous ont exprimé leur satisfaction pour les heures agréables et pleines de charme que nous leur avions fait passer.

Enfin, le mercredi 4 juillet un grand banquet final à l'Hôtel Continental clôturait cette série de réceptions qui resteront certainement comme les plus remarquables de celles qui ont eu lieu au sein de notre Société depuis son origine. Vous avez pu lire dans le compte rendu de nos fêtes à quel degré l'enthousiasme était monté ; les démonstrations qui nous ont été faites et surtout celles qui s'adressaient à notre cher pays nous ont profondément touchés, car elles nous démontraient que beaucoup de nations n'avaient oublié ni les idées généreuses qu'elles avaient empruntées à la France, ni le concours que nous, Ingénieurs

français, leur avions apporté pour la solution et la réalisation pratique des problèmes soumis à nos investigations.

Sachant l'importance que les étrangers attachent à être reçus personnellement chez nous pour connaître de plus près notre vie intime, il m'a été très agréable, pour répondre à ce désir naturel, d'organiser les 16 et 30 juin deux soirees en l'honneur de vos hôtes et de leurs familles.

De son côté, votre ancien Président M. Eiffel, qui avait eu, à l'occasion de l'Exposition de 1889, de nombreuses relations avec ces mêmes Sociétés étrangères, eut la bonne pensée de réunir chaque série de délégués dans un déjeuner à la Tour de 300 *m*, après une visite détaillée des installations des nouveaux ascenseurs.

A la suite de ces réceptions, l'Institution of Junior Engineers, l'Iron and Steel Institute et l'American Society of Mechanical Engineers, voulant nous donner une marque spéciale d'estime et de sympathie, ont nommé votre Président Membre honoraire. Je reporte ce grand honneur sur notre Société tout entière dont je n'étais, à ce moment, que le représentant temporaire. *(Très bien! très bien! — Applaudissements.)*

Nous avons pu, dans ces fêtes comme dans celles du Cinquantenaire, apprécier tous les services que peut nous rendre notre bel Hôtel. Nous devons reconnaître une fois de plus que nos anciens Comités ont été bien inspirés en abandonnant notre immeuble de la Cité Rougemont, pour nous installer rue Blanche, dans un local admirablement aménagé qui nous permet de recevoir dignement nos hôtes, d'entretenir entre nous de cordiales relations et de faciliter nos moyens de travail et d'instruction.

Nous avons, cette année, non seulement mis notre hôtel à la disposition des Ingénieurs étrangers délégués, mais, de plus, nous avons offert l'hospitalité à la Société des Anciens Élèves de l'École polytechnique de Zurich, qui y a tenu le 5 juin sa séance plénière, et au Congrès National des Travaux publics français qui, pendant les journées des 22 au 26 octobre, a organisé, dans toutes nos salles, des réunions nombreuses et très suivies.

Aujourd'hui que l'Exposition est fermée, nous pouvons déjà apprécier cette œuvre colossale. Vous me permettrez donc de jeter sur elle un coup d'œil d'ensemble très rapide, puis de l'examiner à notre point de vue particulier de l'art de l'Ingénieur.

En grandeur, l'Exposition Universelle Internationale de 1900 a certainement dépassé tout ce qui s'était fait jusqu'ici sur les bords de la Seine. Elle nous a apporté, venant de tous les points de la surface du globe, une quantité considérable de chefs-d'œuvre anciens et modernes, des plus intéressants et des plus remarquables.

Elle laissera derrière elle, avec un incomparable éclat, le souvenir de son Champ-de-Mars et de son Esplanade des Invalides, remplis des merveilles de l'Industrie et du Commerce universels.

Au Trocadéro, nous avons voyagé sans fatigue dans les colonies du monde entier, avec un réalisme de reproduction complet.

Dans la rue des Nations, au milieu de ces constructions si variées, on sentait battre le cœur de tous les peuples, et il suffisait de quelques pas

pour se trouver transporté, comme par enchantement, à des milliers de lieues de Paris; on pouvait admirer dans ces Palais éphémères les traits caractéristiques et le génie de chaque nation; aussi, nous avons conservé de cet ensemble splendide une impression qui n'est pas près de s'effacer.

Dans le Palais des Armées de Terre et de Mer, ainsi que dans la Coupole de MM. Schneider, j'ai eu la grande satisfaction de vous faire toucher du doigt les progrès de nos engins de guerre et ceux de nos rivaux.

L'annexe de Vincennes, placée un peu trop loin du centre de la capitale, nous a montré une superbe exposition de matériel de chemins de fer, de machines-outils, de machines à pétrole, à essence, d'automobiles, etc.

L'Exposition de 1900 disparait dans toutes ses splendeurs, et elle nous laissera en héritage la merveilleuse perspective ouvrant, entre les Champs-Élysées et l'Esplanade des Invalides, cette nouvelle voie encadrée de ses deux Palais qui sera une des plus belles du monde. Elle nous laissera également les gracieuses serres de la Ville de Paris sur le Cours-la-Reine, le pont Alexandre III, qui est un des plus remarquables spécimens actuels de notre art, et la simple, mais élégante passerelle des Armées de Terre et de Mer.

De plus, il est question d'aménager une fois pour toutes et définitivement l'Esplanade des Invalides et le Champ-de-Mars. Dans cette occurrence, on parle de démolir la grande Galerie des Machines de l'Exposition de 1889, œuvre incomparable de notre regretté Président Contamin et de l'architecte Dutert.

Après avoir sacrifié cette superbe galerie en y mettant les produits de l'alimentation et la coupant en deux par la Salle des Fêtes, ce qui lui avait enlevé tout son cachet de grandeur, on la ferait disparaitre! J'espère qu'on ne commettra pas un pareil acte de vandalisme. *(Très bien! Très bien! Vifs applaudissements.)*

Déjà, au dernier banquet, offert aux délégués des Sociétés étrangères, j'avais exprimé le regret qu'on n'eût pas, pour l'Exposition de 1900, demandé à nos pairs, maitres en la matière, quelques-uns de ces travaux de cyclopes plus gigantesques encore que ceux érigés en 1889. Ces merveilles d'audace et de hardiesse sont, en effet, pour nous, de précieux jalons marquant bien les étapes des progrès successifs que l'art de l'Ingénieur permet de réaliser: et, loin de penser à en édifier d'autres, on démolirait aujourd'hui cet admirable spécimen de notre génie technique qu'est la Galerie des Machines! Il est de notre devoir d'élever énergiquement notre voix contre de tels projets. *(Nouveaux et vifs applaudissements.)*

Cette observation en amène naturellement quelques autres. Je ne veux pas, à proprement parler, faire de critiques, sachant mieux que quiconque les difficultés qu'il a fallu vaincre pour mener une pareille œuvre à bien, et surtout pour obtenir de chacun, grand ou petit, puissant ou faible, l'effort prodigieux qui a étonné et rempli d'admiration les 50 millions de visiteurs qui ont parcouru l'Exposition; mais, en

raison même du succès général obtenu, la Société des Ingénieurs Civils de France, qui compte parmi ses Membres les principaux organisateurs de l'Exposition, son éminent Commissaire général, M. Picard, et son distingué Directeur général, M. Delaunay-Belleville, notre Société, dis-je, aurait le droit d'adresser des reproches à son Président, s'il n'apportait pas ici les remarques qui, à notre point de vue particulier, et peut-être égoïste, caractérisent l'enseignement à tirer de la grandiose manifestation qui clôture le XIXe siècle.

Le Génie civil, celui qui vit par ses propres forces, en dehors du budget de l'État, n'a pas eu toute la place qui devait lui être réservée, et cela, malgré les vives protestations, à la Commission Supérieure, de nos anciens Présidents Reymond et du Bousquet. Par la fusion anormale dans un seul et même groupe des Moyens de Transport et du Génie civil, on a laissé supposer que le domaine de ce dernier s'étendait uniquement aux travaux des Administrations publiques, et il en est résulté que le vrai Génie civil — puisque malheureusement une hiérarchie surannée nous oblige à distinguer — celui qui ne demande rien à l'État et qui contribue tant à la richesse publique, s'est trouvé presque sans asile, ne sachant trop où s'abriter. *(Applaudissements.)*

Bien des produits qu'il aurait été préférable de réunir, se trouvèrent disséminés, et comme les emplacements résultèrent, par la force des choses, des classifications adoptées, l'idée très séduisante en théorie de placer l'objet terminé à côté de l'outil qui l'a fabriqué ne porta pas les fruits qu'on en pouvait attendre.

Particulièrement la Métallurgie et la Machine, ces deux grandes divinités de l'Industrie, n'eurent pas les temples qu'elles méritaient. Ce n'est pas ici que j'ai à démontrer l'importance colossale de leur rôle dans le monde du travail. Vous savez tous que, si dans le siècle qui finit, la Mécanique a fait les progrès formidables que l'on connaît, c'est à la Métallurgie et à la Machine que nous le devons.

Sans les merveilleux métaux que la Métallurgie met a la disposition de l'Ingénieur, en dépit de ses exigences croissantes, tous ces efforts auraient été vains, et le produit fabriqué, pas plus que la Machine qui l'ouvrage, n'auraient été conçus. J'aurais donc aimé voir se détacher, en pleine lumière, la galerie dominante du Métal, et, à ses côtés, sous un abri grandiose, comme en 1889, le Palais de la Machine. On ne peut nier, en effet, qu'en dehors de son rôle technique, la Machine est un des plus puissants instruments d'amélioration sociale qui soit. Tout en diminuant la fatigue de l'ouvrier, c'est elle qui lui permet de produire mieux et plus dans le même temps. C'est par elle que, la quantité de travail s'accroissant, les prix de revient diminuent, et que la rémunération de la main-d'œuvre augmente. Loin d'être l'ennemie de l'ouvrier, la Machine est sa plus précieuse auxiliaire, et c'est par elle enfin, et non par l'organisation des grèves, que, dans la Société de demain, la question brûlante des salaires sera résolue. *(Très bien! très bien! Applaudissements.)*

Il est certain que, malgré les proportions colossales de l'Exposition de 1900, il n'a pas été possible de donner à toutes les classes le dévelop-

pement qu'elles comportaient; il a donc fallu en sacrifier quelques-unes, mais je déplore que ce soient celles qui nous touchent de plus près et pour lesquelles nous avons un faible bien naturel.

Que les habiles organisateurs de l'Exposition me pardonnent les réflexions que j'ai cru devoir faire. Il n'a jamais été dans ma pensée de vouloir amoindrir leur œuvre universellement admirée. Ils sont d'ailleurs des nôtres. Leur succès est un honneur nouveau pour la Société des Ingénieurs Civils de France, et dans les félicitations bien sincères que nous leur adressons, nous ne voulons pas oublier nos Collègues Ch. Bourdon et Picou, chefs des Services Mécanique et Électrique, auxquels fut confiée la mission si grande, mais si lourde de responsabilité, d'assurer le fonctionnement régulier de toutes les machines qui ont donné la vie à l'Exposition de 1900; nous n'oublions pas davantage notre Collègue, M. Duplaix, Ingénieur en chef adjoint, chargé plus spécialement de la tâche ingrate de vérifier la solidité de toutes les constructions métalliques.

Indépendamment des Membres de notre Société qui ont fait partie du personnel supérieur, vous avez joué, mes chers Collègues, un rôle très important dans toutes les phases par lesquelles a passé l'Exposition. Vous avez été nommés, et en grand nombre, dans le personnel supérieur, les Commissions préparatoire et supérieure, dans le Comité Supérieur de revision, le Comité Technique des Machines et celui de l'Électricité, les Commissions diverses, telles que la Commission Supérieure des Expositions rétrospectives des Beaux-Arts et des Arts décoratifs, le Comité Consultatif contre les dangers d'incendie à l'Exposition, et la Commission chargée de vérifier et de recevoir les constructions des concessionnaires, les Comités de Groupes, d'Admission et d'Installation, le Jury international des Récompenses : Jurys de Classes, Jurys de Groupes, Jury supérieur, ainsi que dans celui de Revision, les Commissariats étrangers, la Commission supérieure des Congrès, les Comités spéciaux chargés de l'étude de questions relatives aux demandes et à l'organisation des Congrès Internationaux de 1900, les Commissions d'organisation de ces Congrès, etc.

Pour ne pas fatiguer votre attention, je ne vous lirai pas ici les noms de tous nos Collègues qui ont fait partie de ces diverses Commissions dans lesquelles ils ont apporté leur esprit bien connu d'ordre et de méthode et leur sens pratique des affaires; mais, pour qu'il en reste trace dans nos Annales, vous les trouverez dans une Annexe jointe au procès-verbal de cette séance (1). Dans les jurys des récompenses, vous avez donné en plus une somme de travail considérable, non seulement parce que le nombre d'exposants était très grand, mais encore parce que les opérations des jurys de classe ont dû être conduites très rapidement. Les propositions durent être soumises aux jurys de groupes en juin et juillet, et au Jury supérieur le 3 août; c'est entre le 3 et le 16 août que les propositions du Jury supérieur ont été adoptées: dans ces conditions les récompenses ont pu être proclamées le 18 août.

Je détache celles de nos Collègues qui ont obtenu :

(1) Voir page 39 et suivantes.

1° Comme Exposants :

Grands prix	93	524
Médailles d'or	194	
Médailles d'argent	159	
Médailles de bronze	56	
Mentions honorables	22	
Hors concours		225
TOTAL		749

2° Comme Collaborateurs :

Grands prix	16	278
Médailles d'or	143	
Médailles d'argent	96	
Médailles de bronze	19	
Mentions honorables	4	
TOTAL GÉNÉRAL		1 027

Ces récompenses particulières d'Exposition ont entraîné de nombreuses distinctions honorifiques qui ont été accordées aux Organisateurs, aux Membres des Commissions et du Jury, aux Exposants et à leurs Collaborateurs. Notre Société peut être fière du nombre important de décorations obtenues cette année par ses Membres; j'en donne avec une très vive satisfaction la longue et flatteuse nomenclature dans l'Annexe au procès-verbal.

Je signale ici plus particulièrement les décorations françaises dans l'ordre national de la Légion d'honneur, et je suis heureux d'enregistrer pour nos Collègues :

1 dignité de Grand-Croix;
2 dignités de Grands-Officiers;
6 croix de Commandeurs;
44 croix d'Officiers;
110 croix de Chevaliers;

et en outre :

10 palmes d'Officiers de l'Instruction publique;
15 palmes d'Officiers d'Académie;
1 croix de Commandeur du Mérite Agricole;
11 croix d'Officiers du Mérite Agricole;
15 croix de Chevaliers.

Nous avons également participé, à l'Exposition, à d'autres manifestations de l'esprit humain.

127 Congrès internationaux ont réuni les savants, les penseurs et les travailleurs du monde entier. Il a été approfondi dans ces Congrès des questions touchant à toutes les branches de l'activité intellectuelle et matérielle. Les rapports présentés ont été examinés à tous les points de vue par les esprits les plus divers appartenant à toutes les nationalités, et il restera certainement de ces études un ensemble considérable de documents dans lesquels on pourra, à l'avenir, puiser à pleines mains, pour faciliter la marche en avant du progrès universel.

Je ne puis songer à donner ici une analyse des principaux travaux de ces Assemblées, car une récapitulation de ce genre, même succincte, serait hors de proportion avec le temps pendant lequel il m'est permis de conserver la parole. Vous trouverez dans l'Annexe la liste de ces Congrès auxquels nos Collègues ont pris part comme Présidents, Vice-Présidents, Secrétaires ou Membres des Comités d'organisation.

Pour en terminer avec les récompenses de l'année, nous avons eu la grande satisfaction de décerner à notre Collègue, M. F. Brard, le Prix Annuel de la Société pour son importante étude sur *les Pertes de l'Avre et de ses affluents*, et à notre Collègue, M. R. Soreau, le prix Nozo pour l'ensemble de ses communications à la Société et notamment son mémoire sur *la Navigation aérienne.*

J'ai déjà eu l'occasion d'adresser, dans notre dernière séance de juin, vos félicitations à MM. Brard et Soreau, et je les leur renouvelle aujourd'hui avec le plus grand plaisir. *(Applaudissements.)*

En outre, la médaille d'or Bessemer pour 1900 a été décernée à M. H. de Wendel par l'Iron and Steel Institute, et M. Ad. Bouvier a, en 1899, obtenu de la Société technique de l'Industrie du Gaz un prix de 250 *f.*

En présence de l'énorme développement atteint par l'Exposition universelle, il convenait que notre Société prit elle-même l'initiative d'une série de mesures spéciales pour permettre à nos Collègues d'entreprendre, dans le minimum de temps et sous une forme à la fois attrayante et sérieuse, l'étude des différentes classes pouvant intéresser les Ingénieurs civils.

C'est ainsi qu'ont été organisées nos visites-conférences qui ont embrassé les sujets les plus variés.

Ces visites ont été divisées en deux séries, et la direction en a été confiée, pour la première, à mon prédécesseur, M. G. Dumont, assisté de M. Baignères, et, pour la seconde, à notre Secrétaire, M. P. Jannettaz. Je transmets à MM. Dumont, Baignères et Jannettaz, ainsi qu'à tous nos conférenciers dont vous trouverez les noms dans l'Annexe au procès-verbal, nos bien sincères remerciements pour le concours si dévoué qu'ils nous ont apporté dans ces circonstances. *(Applaudissements.)*

J'ai éprouvé un très vif plaisir à vous présenter moi-même, en les faisant fonctionner sous vos yeux, les différents engins de guerre exposés par les constructeurs français et étrangers : je vous rappelle, à cette occasion, la gracieuse hospitalité offerte par M. E. Schneider dans son Pavillon; vous avez pu examiner en détail les spécimens fort intéressants de ses multiples industries et, notamment, les canons, affûts et munitions fabriqués au Creusot et au Havre.

Pour que cette revue du matériel de guerre moderne fût absolument complète, il aurait fallu que je pusse vous entretenir également des travaux si remarquables de nos Départements de la Guerre et de la Marine français. J'ai la conviction qu'une étude de ce genre, même sommaire, vous eût intéressés au plus haut degré, mais cela a été irréalisable, car, pour des considérations de divers ordres, ces deux

administrations, ayant décidé de conserver secrètes leurs fabrications et leurs études les plus récentes, n'avaient, en effet, rien exposé.

Il eût été certainement désirable qu'une publication fût faite du compte rendu de ces visites techniques; mais nous avons dû y renoncer devant l'énormité matérielle de la tâche. Chaque visite à l'une des sections de cette prodigieuse Exposition constituait en quelque sorte un chapitre d'une vaste encyclopédie, et nous ne pouvions songer à demander un tel travail à ceux de nos Collègues qui nous avaient si aimablement conduits, et qui nous avaient, en outre, consacré un temps très précieux pour la préparation de leurs conférences. Mais c'est avec satisfaction que je puis dire qu'il n'est pas un progrès, un perfectionnement, un effort qui se soit manifesté à l'Exposition dont vous ne trouviez, pendant et après, la description précise dans les Bulletins de notre Société. Nos Collègues ont joué le rôle le plus actif dans toutes les parties de cette vaste entreprise, et je demande à ceux qui ne l'ont pas encore fait d'apporter à la Société, chacun dans sa spécialité, la substance de leurs conceptions, l'exposé exact de leurs réalisations et les conclusions scientifiques et pratiques que l'on peut d'ores et déjà tirer. Ils n'y manqueront pas, et j'envie le sort de mon successeur qui aura à donner la parole à tant d'orateurs estimés et autorisés.

Pendant cette période si surchargée et si agitée, les travaux ordinaires de la Société suivaient leur cours normal et régulier comme si rien ne s'était passé en dehors de nos salles de délibération; ceci fait le plus grand honneur à votre activité et à votre énergie. Lorsque vous aurez parcouru, dans l'Annexe au procès-verbal, le résumé complet des communications faites à la Société, et la liste de nos Collègues au savoir desquels on a eu recours dans des Commissions autres que celles de l'Exposition, vous estimerez, comme moi, que l'année 1900 marquera dans l'existence de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Il n'est pas surprenant que, dans ces conditions, beaucoup d'Ingénieurs soient venus à nous, et que nous ayons reçu cette année 274 nouveaux membres.

Ce nombre, quoique considérable, ne nous satisfait pas encore, et il ne peut nous faire oublier ceux que la mort nous ravit et dont la liste, comprenant 71 noms, est malheureusement trop longue. C'est le plus gros chiffre que nous ayons eu jusqu'ici à enregistrer, et on peut l'attribuer en partie au surmenage provenant de l'Exposition.

Les Collègues que nous avons eu la douleur de perdre sont : MM. G. Anceau, F. Bauer, Th. Berton, A. Binet, O.-J. Bonnemère de Chavigny, Ch. Caldaya, Ch.-M.-F. Camus, F. Carré, E. Chabrier, L.-A.-L. Chapron, J.-L. Commeaux, P.-J. Curie, J.-A. Déjardin, Ch.-H. Delanoe, E.-G. Delettrez, F. Delom, H.-L. De Wilde, J. Dez, A. Drion, J. Ellissen, A. Évrard, B.-A. Farcot, P.-P. Fuchet, M. Forey, L. Fortin, L. Gallas, J. Gaudineau, J. Glaizot, A.-M. Guilbert-Martin, C.-A. Guyenet, A. Grouselle de Blancheface, A.-F. Hauet, J. Hinstin, G.-A.-G. Houel, P.-A.-J. Hunnebelle, P. Jean, E, Joncourt, S. Jordan, A. Juin, G. Kumps, A.-S.-M.-C. Lacazette, A. Lagrafel, A.-J. Lebard, P. Lefèvre, G. Leloutre, P.-E. Lhomme, L. Mangini, H. de Matthys,

E. Mayer, A.-J. Montigny, J. de la Morandiere, O. Ossent, E.-A. Pérignon, M. Perret, A.-L. Petit, J, Pie y Allue, E. Polonceau, E. Purpan, J. Rauly, Ad. Retterer, L. Robin, R.-W. Rowan, J. Sarcia, J. Sigaud, F. Simons, H. Thuile, M.-P. Urban, A. Villemer, P.-A. Vinit, E. Vlasto, A. d'Yochet.

Il a été rendu compte, à chaque séance, de ces tristes événements. Votre Comité a été particulièrement éprouvé par la mort de deux de vos plus estimés anciens Présidents, Jordan et Polonceau, et par celle de Pérignon. Nous avons aussi eu le chagrin de voir disparaître un de nos plus actifs fondateurs, E. Chabrier.

Au 30 novembre 1899, le nombre de nos membres était de 3 460; en tenant compte des 274 membres nouvellement admis et des défalcations par suite de décès et radiations, il se trouve porté à 3 638, soit en augmentation nette de 178 membres sur l'année dernière.

Le nombre toujours croissant de nos membres et la notoriété dont notre Société jouit en France et à l'étranger doivent avoir comme contre-partie une amélioration constante de notre situation financière.

Notre sympathique trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat, vous en a donné, dans votre dernière séance, un compte rendu détaillé et surtout très clair. En lui renouvelant encore une fois tous nos remerciements pour le dévouement qu'il met à gérer nos intérêts depuis quatre ans, nous sommes heureux de constater, avec lui, que notre avoir se monte aujourd'hui à 740 000 *f* environ. Nous avons maintenant le ferme espoir d'être bientôt millionnaires, car la sympathie que nous témoignent nos membres se traduit, non par des paroles, mais d'une façon effective par des dons, et surtout sous forme de legs de plus en plus importants; c'est la contagion du bon exemple.

Nous avons en effet reçu cette année de :

MM. A. Bonnet	Fr.	20 »
A.-R. Grosdidier		64 »
L.-V. Michon		100 »
H. Papot		100 »
J. Boyau		100 »
Ch. Sauvelet		100 »
L. Coiseau		286 40
A. Carcuac		500 »

De plus, M. L. Courtier nous a offert, pour être encartés dans un Bulletin, 4 700 plans de l'Exposition de 1900.

Que ces généreux donateurs veuillent bien recevoir nos sincères remerciements.

Quant aux legs, M. E. Vlasto nous a laissé	Fr.	5 000
M. E. Mayer		15 000
M. P.-A.-J. Hunebelle		30 000
Et les héritiers de M. Henri Schneider		160 000

Nous sommes profondément touchés de ces témoignages de sympathie que nous donnent ceux qui sont enlevés à notre affection; ce n'est

pas seulement une marque particulière d'estime, mais nous les considérons surtout comme une approbation de nos efforts et un encouragement à suivre les traditions que nous ont laissées nos devanciers.

Pour le legs si généreux et si humanitaire des héritiers de notre regretté Collègue Henri Schneider, nous avons contracté une dette spéciale de reconnaissance envers M. E. Schneider, qui a bien voulu s'occuper lui-même de faire régulariser la donation que son illustre père désirait faire de son vivant.

Que les familles Vlasto, Mayer, Hunebelle et Schneider reçoivent l'expression de notre bien vive gratitude. *(Vifs applaudissements.)*

Je ne puis, en terminant, passer sous silence les services que nous a rendus votre Secrétariat, pendant cette 53e année de notre existence ; et je me plais à reconnaitre que votre Secrétaire administratif, M. de Dax, et tout votre personnel, ont rempli leurs fonctions avec beaucoup de zèle et d'entrain, et à notre entière satisfaction. *(Applaudissements.)*

Mes chers Collègues,

Ma tâche s'achève, et j'éprouve l'impression agréable et douce qu'on ressent le soir d'une journée où l'on a fait de bonne et utile besogne.

Croyez bien que je n'oublierai jamais l'insigne honneur, qui marquera dans ma carrière, d'avoir présidé la Société des Ingénieurs Civils de France en l'année 1900.

Croyez aussi combien me sera précieux le souvenir que je garderai de votre infatigable et dévouée collaboration, et de la façon cordiale et affectueuse avec laquelle vous m'avez facilité l'accomplissement de mes multiples devoirs.

(Se tournant vers M. Ch. Baudry, nouveau Président).

Mon cher Président,

J'emporte en quittant ce fauteuil une grande satisfaction, c'est celle de remettre en des mains exercées le gouvernail de la Société.

Vos travaux sont connus et appréciés de vos Collègues, qui savent combien vous avez apporté de contribution au labeur commun, comme Membre du Comité, puis comme Vice-Président de notre Société.

Votre élévation à la Présidence en est une juste et méritoire consécration ; elle était souhaitée par tous ceux qui vous connaissent, et l'unanimité des suffrages que vous avez recueillis vous montre en quelle estime nous vous tenons. Quoique nos deux présidences n'appartiennent pas au même siècle, j'espère que les idées que nous avons pu recueillir et semer sur notre route n'auront pas vieilli de cent ans, et que vous pourrez en faire lever la semence pour le bon renom de notre Société.

Je m'estime heureux de pouvoir vous transmettre nos traditions de travail, notre esprit large et généreux, notre inépuisable courtoisie et nos aspirations incessantes vers le mieux.

Vous saurez maintenir les unes et aviver les autres. Nous mettons en vous et en ceux qui vous suivront notre espoir dans les brillantes destinées de notre Société, et c'est avec une bien agréable émotion que le

dernier Président du siècle qui finit donne l'accolade au Président des Ingénieurs Civils de France du siècle qui commence. *(Applaudissements prolongés et répétés.)*

M. Ch. Baudry, nouveau Président, après avoir serré la main de M. G. Canet, prend place au fauteuil et prononce les paroles suivantes :

Mon cher Président,

Je suis confus des paroles aimables et flatteuses par lesquelles vous avez bien voulu présenter votre successeur. Je vous en remercie de tout cœur. De vos éloges je ne veux retenir que ce que vous avez dit de mon expérience des affaires de notre Société, et de mon dévouement à sa prospérité. Mon expérience, je l'ai acquise en suivant de près la brillante gestion de mes deux derniers prédécesseurs, auprès de qui j'ai rempli les fonctions de vice-président. Quant à mon dévouement à la Société, il est sans réserve. Cette expérience et ce dévouement ne seront pas de trop pour que j'arrive à présider cette première année du vingtième siècle d'une façon qui ne fasse pas trop regretter celle dont vous avez présidé la dernière du dix-neuvième. *(Applaudissements vifs et répétés.)*

Mes chers Collègues,

J'apprécie comme il le mérite le très grand honneur que vous m'avez fait en m'appelant à présider vos travaux pendant l'année qui commence, et je vous en exprime toute ma gratitude. J'ai été particulièrement touché de l'unanimité avec laquelle vous avez bien voulu me donner vos suffrages. Je ferai de mon mieux pour que vous restiez dans les mêmes sentiments pendant toute ma présidence ; l'exercice de ma charge en serait grandement facilité.

En effet, ce n'est pas seulement un honneur que vous m'avez conféré en m'appelant à ce fauteuil, c'est aussi une charge dont j'ai appris à connaître les devoirs pendant les cinq années que je viens de passer dans le Comité, puis dans le Bureau de votre Société. Vous pouvez compter que je ne négligerai rien pour remplir intégralement ces devoirs. J'y serai puissamment aidé par l'exemple et les conseils de mes éminents prédécesseurs, et par le concours des savants et dévoués collaborateurs que vous m'avez donnés dans le Bureau et dans le Comité, et que vous ne pouviez mieux choisir à mon gré. J'espère que vous voudrez bien tous m'y aider aussi, non seulement par votre assiduité à nos séances, que nous nous efforcerons de rendre aussi intéressantes que possible, mais encore par les communications techniques que vous nous apporterez et par votre intervention documentée dans les discussions qui suivront.

Aujourd'hui, mes chers Collègues, mon premier devoir est un plaisir. Je suis en effet particulièrement heureux d'être votre interprète auprès de notre cher Président, M. Canet, pour le remercier du dévouement et le féliciter de l'autorité et du succès avec lesquels il a présidé aux travaux et aux fêtes d'une année vraiment exceptionnelle. *(Vifs applaudissements.)* Sa situation, unique en France, dans l'industrie relativement récente des armes de guerre, sa réputation répandue dans le monde entier, avaient désigné M. Canet à vos suffrages pour faire les

honneurs de notre Société aux étrangers de tous pays, accourus pour visiter l'Exposition universelle. C'était une tâche délicate, et bien absorbante pour un homme aussi occupé que notre Collègue. Il n'a cependant pas hésité à l'accepter. Vous avez tous vu avec quelle amabilité, avec quel tact et avec quel éclat il l'a remplie. Nous ne saurions lui en exprimer trop vivement notre reconnaissance. *(Nouveaux et vifs applaudissements.)*

Je savais me ménager un succès facile en disant tout haut ce que chacun pensait tout bas, et désirait entendre, de notre Président sortant. J'arrive à une partie plus ardue de ma tâche. La tradition autorise, je pourrais même dire qu'elle engage, le Président qu'on vient d'installer à conserver la parole pour entretenir ses Collègues d'un sujet de son choix ; et, tout naturellement, il choisit volontiers son sujet dans l'industrie à laquelle il s'est consacré. C'est ce que je vous demanderai la permission de faire à mon tour, en vous parlant de chemins de fer, et plus particulièrement, de matériel et de traction. Vous m'excuserez si je spécialise un peu trop mon sujet, et si j'entre dans des détails un peu trop techniques ; mais l'industrie des chemins de fer est tellement connue, dans ses traits généraux, par les Ingénieurs de toutes spécialités, qu'il ne m'a pas paru possible de vous intéresser sans sortir des généralités.

Si l'on demandait au public ses impressions sur les conditions actuelles des voyages par chemins de fer, on recueillerait plus de critiques et de desiderata que de félicitations pour les progrès déjà accomplis. Je ne m'étonne pas de cette disposition d'esprit, et je reconnais même qu'elle a du bon pour empêcher les Ingénieurs de chemins de fer de se contenter trop facilement d'un premier résultat encore imparfait, et de prolonger outre mesure, si je puis m'exprimer ainsi, les stationnements en gare sur la route du progrès. Il n'est pas inutile cependant de jeter quelquefois un regard en arrière pour mesurer les progrès accomplis, et c'est ce que nous allons faire, si vous le voulez bien, en nous limitant pour le moment au service des voyageurs à grande distance sur les lignes principales, et en ne remontant pas au delà de 1889, année de la dernière Exposition universelle.

En vous conviant à cet examen rétrospectif, je n'ai pas seulement pour but la satisfaction, bien légitime cependant, de rappeler ce que le public doit à l'initiative et à l'activité des Ingénieurs de chemins de fer pendant les onze dernières années ; je me propose, de plus, de vous montrer comment plusieurs des principaux avantages donnés au public sont la conséquence des très grands progrès accomplis pendant la même période par la machine locomotive, et j'entrerai dans quelques détails sur la nature et l'origine de ces progrès.

Si l'on compare les conditions dans lesquelles s'effectuaient, en 1889 et en 1900, les grands trajets sur les lignes principales du réseau français, deux différences sautent aux yeux : on voyage aujourd'hui plus vite et on voyage plus confortablement. Et cela n'est pas vrai seulement pour la 1re classe et les places de luxe : c'est vrai pour toutes les classes ; ce sont même les voyageurs de 2e et de 3e classes qui ont relativement le plus gagné, aussi bien comme rapidité que comme confort.

Pour donner une idée de l'augmentation de rapidité réalisée sur les différents réseaux, j'ai relevé pour chacune des principales lignes partant de Paris la durée du trajet du train le plus rapide en 1889 et en 1900. Ce n'est qu'un renseignement incomplet parce que beaucoup de ces trains sont des trains de luxe, mais les trains ordinaires ont suivi une progression analogue :

Le train le plus rapide entre Paris et Calais mettait, en 1889	4 h. 13 m.
En 1900, il ne met plus que	3 h. 15 m.
ce qui procure une économie de	58 m.
ou de	23 0/0
De même, entre Paris et Lille, de	3 h. 45 m.
on est passé à	3 h. »»
ce qui procure une économie de	45 m.
ou de	20 0/0
Entre Paris et Nancy, de	5 h. 32 m.
on est passé à	4 h. 35 m.
ce qui procure une économie de	57 m.
ou de	17 0/0
Entre Paris et Marseille, de	14 h. 19 m.
on est passé à	11 h. 29 m.
ce qui procure une économie de	2 h. 50 m.
ou de	20 0/0
Entre Paris et Bordeaux de	8 h. 34 m.
on est passé à	6 h. 42 m.
ce qui procure une économie de	1 h. 52 m.
ou de	22 0/0
Entre Paris et le Havre de	3 h. 54 m.
on est passé à	3 h. »»
ce qui procure une économie de	54 m.
ou de	23 0/0
Enfin, entre Paris et Rennes, de	6 h. 58 m.
on est passé à	5 h. 54 m.
ce qui procure une économie de	1 h. 4 m.
ou de	15 0/0

C'est en moyenne un bénéfice de 20 0/0. Avant d'aller plus loin, permettez-moi d'ouvrir une parenthèse pour rassurer les esprits timorés que pourraient avoir fâcheusement impressionnés de récentes interviews sur les prétendus dangers des grandes vitesses, et de vous dire que l'accélération des grands trains du réseau français a été obtenue sans rien sacrifier de la sécurité, tout au contraire.

D'abord, sur aucune ligne on n'a encore dépassé la limite réglementaire de 120 *km* à l'heure, qui était déjà, et depuis longtemps, en vigueur sur plusieurs réseaux en 1889. Seulement, et c'est ce que M. le Président du Bousquet vous disait en 1894 dans son discours d'installation,

la puissance limitée des locomotives ne permettait d'atteindre cette vitesse de 120 *km* que sur des pentes déjà assez prononcées. Sur les faibles pentes, en palier, et surtout en rampe, on restait bien au-dessous. C'est en profitant de l'augmentation de puissance des locomotives pour se rapprocher davantage du maximum de vitesse, dans ces parties les moins faciles de la ligne, qu'on a réduit la durée des trajets. On a augmenté la vitesse moyenne de marche en relevant surtout les vitesses les plus faibles ; et on n'a pas augmenté la vitesse maxima.

Du reste, la durée des trajets n'a pas diminué seulement parce qu'on marche plus vite, mais aussi parce qu'on s'arrête moins souvent, moins longtemps, dans les stations intermédiaires, et parce qu'on a supprimé presque partout les ralentissements aux bifurcations, qui amortissaient si fâcheusement la force vive des trains rapides, et exigeaient des locomotives, sans profit, un très grand surcroit de travail pour la reprise de vitesse.

Après ces explications, et si vous voulez bien remarquer que nos trains rapides de 1900 sont composés de voitures plus lourdes et plus stables, sont remorqués par des locomotives mieux appropriées aux grandes vitesses, qu'ils circulent sur des voies renforcées, et qu'ils parcourent des lignes pourvues de signaux plus parfaits, vous conclurez avec moi que la sécurité n'a rien perdu à l'accélération de nos trains, et que le public peut en jouir en toute tranquillité.

Pour apprécier l'amélioration du confort depuis 1889, il ne faudrait pas se contenter de faire appel aux souvenirs qu'on a pu garder de l'Exposition de 1889 ou de consulter le savant et très intéressant rapport du jury sur cette Exposition. En 1889, en effet, toutes les administrations de chemins de fer se préoccupaient déjà des besoins de confort du public, et presque toutes avaient exposé des spécimens de voitures étudiées en vue de répondre à ces besoins.

La Compagnie du Midi avait exposé une voiture de 1re classe à trois compartiments, dont l'un avait un cabinet de toilette pour lui seul, et les deux autres un cabinet de toilette pour deux.

La Compagnie de l'Est avait exposé une voiture de 1re classe à quatre compartiments, mis en communication par un couloir intérieur, avec un cabinet de toilette central.

La Compagnie d'Orléans avait exposé une grande voiture à bogies, avec couloir permettant l'intercommunication d'une voiture à l'autre cette voiture contenait sept compartiments de 1re classe et deux cabinets de toilette.

Le chemin de fer de l'État avait exposé trois voitures à bogies, avec couloir et intercommunication, une pour chaque classe.

Enfin, la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée avait exposé trois voitures à bogies, toutes de 1re classe et présentant trois aménagements différents qu'elle désirait soumettre à l'appréciation de sa clientèle. L'une de ses voitures était à couloir latéral, comme celles de l'Orléans et de l'État; elle contenait huit compartiments de 1re classe de six places et deux cabinets de toilette. La seconde présentait, au centre, une vaste salle, sans cloisons séparatives, de vingt-quatre places ; un couloir la traversait en laissant à gauche des banquettes à deux places, et à droite

des sièges isolés ; ce couloir se prolongeait en ligne droite jusqu'aux extrémités de la voiture en laissant à chaque extrémité, sur la gauche deux compartiments fermés de quatre places, et sur la droite quatre sièges isolés. Cette voiture permettait, comme la première, l'intercommunication d'une voiture à l'autre. La troisième voiture exposée par le P.-L.-M. était d'un type entièrement différent. Elle ne permettait plus l'intercommunication ; ses huit compartiments formaient quatre groupes isolés les uns des autres et composés chacun de deux compartiments communiquant avec un cabinet de toilette commun.

Ces voitures nouvelles des différentes Compagnies de chemins de fer formaient un ensemble extrêmement intéressant, et devant lequel le public s'arrêtait avec d'autant plus de curiosité qu'il n'était pas encore habitué à rencontrer d'aussi confortables installations dans les trains qu'il fréquentait. C'étaient, en effet, des nouveautés, des nouveautés encore très rares, et qui inquiétaient même plus d'une personne dans le monde des chemins de fer, parce qu'elles devaient fatalement entrainer une augmentation considérable du poids mort par voyageur. L'augmentation de puissance des locomotives d'express, qui s'est produite depuis 1889, a été le correctif qui a permis à toutes les Compagnies d'accepter franchement cette augmentation du poids mort, et de donner en 1900 à tous leurs voyageurs de longs parcours le confort qui n'était encore, en 1889, qu'un article d'Exposition.

Pour préciser par quelques chiffres le chemin parcouru de 1889 à 1900, je vous donnerai ceux-ci, qui se rapportent à la Compagnie sur laquelle je suis naturellement le mieux renseigné. En 1889, la Compagnie P.-L.-M. n'avait en tout que neuf voitures des types qu'elle exposait, et elle n'avait pas d'autres voitures que ces neuf et les voitures de luxe. qui eussent des cabinets de toilette. Elle possède aujourd'hui 789 voitures ordinaires dans lesquelles tout voyageur a un cabinet de toilette à sa disposition, à savoir :

117 voitures de 1re classe, sans intercommunication, avec compartiments conjugués deux à deux comme dans la troisième voiture de l'Exposition de 1889 ;

259 voitures de 1re classe, à intercirculation, dont trois seulemen sont du second type de 1889, et les 256 autres sont à couloir latéral ;

47 voitures mixtes de 1re et de 2me classes, à intercirculation et à couloir latéral ;

216 voitures de 2me classe, également à intercirculation et à couloir latéral ;

150 voitures de 3me classe, à couloir latéral, mais sans intercirculation, c'est-à-dire sans passage possible d'une voiture à l'autre ;

De plus, 240 voitures de 3me classe de ce dernier type sont actuellement en construction.

Grâce à un pareil effectif, nous avons pu exclure de nos grands trains toute voiture sans cabinet de toilette.

Pour les trains de nuit, les voitures à compartiments conjugués partagent avec les voitures à couloir les préférences du public ; mais pour les trains de jour, les voitures à couloir l'emportent sans contestation

possible ; elles sont même les seules pratiques quand un wagon-restaurant est attelé au train, parce qu'elles permettent d'y accéder en marche, grâce aux passerelles et aux soufflets d'intercommunication qui rendent le passage d'une voiture à l'autre aussi facile que confortable. Aussi depuis plusieurs années n'avons-nous plus construit pour les grands trains que des voitures à couloir.

Je vous prie de remarquer que si je ne parle ici que de la Compagnie P.-L.-M., c'est parce que j'ai sur cette Compagnie des documents plus précis que sur toute autre, et qu'il faut bien se limiter dans ses exemples. Mais toutes les Compagnies françaises ont réalisé un progrès analogue. En particulier tous ceux d'entre vous qui ont eu l'occasion de voyager sur le Nord ou sur l'Est ont certainement apprécié comme moi les excellentes voitures à intercirculation avec lesquelles nos Collègues MM. du Bousquet et Salomon composent aujourd'hui leurs grands trains, voitures à bogies sur le Nord, voitures à deux essieux et à double suspension sur l'Est.

Voulez-vous savoir maintenant quelle augmentation de poids mort a été la conséquence de cette transformation du matériel des grands trains? Vous allez voir qu'elle est énorme.

Nos anciennes voitures de 1re classe à quatre compartiments isolés, sans cabinet de toilette, pesaient 422 *kg* par voyageur.

Nos voitures à trois essieux, contenant quatre compartiments de 1re classe conjugués deux à deux et deux cabinets de toilette, pèsent 559 *kg* soit 33 0/0 de plus.

Nos voitures à trois essieux, contenant quatre compartiments de 1re classe, un cabinet de toilette et un couloir, pèsent 633 *kg* soit 50 0/0 de plus.

Nos voitures à bogies du dernier type, ayant sept compartiments de 1re classe, deux cabinets de toilette et un couloir, pèsent 767 *kg* soit 80 0/0 de plus.

Et encore cette comparaison est-elle faite en supposant les nouvelles voitures dans les mêmes conditions d'éclairage et de chauffage que les anciennes. L'addition sur nos dernières voitures à bogies d'un système d'éclairage électrique self-acting et d'appareils fixes pour le chauffage par la vapeur de la locomotive a encore augmenté leur poids mort par voyageur de 103 *kg*.

Pour les 2e classes, l'intercirculation avec cabinet de toilette a fait passer le poids mort par voyageur de 256 *kg* à 393 *kg*. ce qui fait une augmentation de 53 0/0.

Enfin, pour les 3e classes, l'addition d'un cabinet de toilette avec un couloir intérieur pour y accéder a fait passer le poids mort par voyageur de 192 *kg* à 261 *kg* 5 ce qui fait une augmentation de 36 0/0.

A toutes ces augmentations de poids mort, il faut encore ajouter pour les trains de jour celle qui résulte de l'addition du restaurant et de sa cuisine. Vous voyez que des administrateurs prudents n'avaient pas tort de s'inquiéter de ce que coûterait le confort réclamé par le public. Je suis même obligé de reconnaitre que l'augmentation de puissance de nos locomotives n'a compensé qu'en partie l'excédent de charge qui leur a

été ainsi imposé. Mais ce qui est certain, c'est que sans cette augmentation de puissance et sans les très grands progrès réalisés depuis 1889 par les locomotives, le public ne jouirait pas aujourd'hui de la vitesse et du confort qu'il a conquis depuis onze ans. *(Très bien!)*

J'arrive ainsi à vous parler de l'évolution très intéressante qu'a faite la locomotive pendant cette période. Comme point de départ, je remonterai un peu au delà de l'Exposition de 1889, jusqu'au mois de mars de la même année, époque à laquelle ont commencé, sur le réseau P.-L.-M. et avec le concours des autres Compagnies de chemins de fer, des expériences comparatives qui n'ont pas été sans influence sur l'évolution dont il s'agit.

Ces expériences ont été provoquées par une polémique engagée au sujet des locomotives qui faisaient alors les trains express sur le réseau P.-L.-M. Les adversaires de ces locomotives les trouvaient excessivement lourdes. Elles ne pesaient cependant que 50,500 *t* en ordre de marche, ce qui nous parait peu en sortant de l'Exposition de Vincennes où les poids des locomotives d'express dans la section française variaient de 50,700 *t* à 63 *t*. Mais c'était beaucoup pour l'époque, où les locomotives d'express ne pesaient que :

38 *t* sur l'Ouest,
40 *t* sur le Nord,
43 à 44 *t* sur l'Est, l'État et le Midi,
45 *t* sur l'Orléans.

Il est vrai qu'avec ses 50,500 *t* la locomotive P.-L.-M. était plus puissante que les autres, et ses partisans ne manquaient pas de faire remarquer que sa puissance était indispensable pour les express de plus de 210 *t* qu'on faisait déjà sur la ligne de Paris à Marseille.

« Faites des trains plus légers », répliquaient les adversaires.

En même temps, ils parlaient de mouvements de lacet et de galop qu'on aurait observés sur ces locomotives, et qu'ils attribuaient à des forces perturbatrices intérieures.

Certains critiques reprochaient aussi à ces machines d'être trop rigides. Mais d'autres pensaient au contraire qu'on les améliorerait en augmentant leur rigidité.

En présence de ces divergences d'appréciation, M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M., pensa qu'il y avait intérêt à soumettre la locomotive en question à des expériences qui permissent de se rendre compte de son allure et de son action sur la voie aux plus grandes vitesses usuelles, et de la comparer, tant à ce point de vue qu'à celui de la puissance, aux machines d'express des autres réseaux. Les Directeurs de ces réseaux s'empressèrent d'accepter ses propositions à ce sujet.

Aux premières expériences qui eurent lieu en mars, avril, juin et juillet 1889 parurent seulement des locomotives du P.-L.-M., de l'Orléans, du Nord et de l'Est. La locomotive de l'Orléans était, comme celle du P.-L.-M. portée par deux essieux accouplés au milieu, par un essieu porteur à l'arrière, sous le foyer, et un essieu porteur à l'avant. Celle du Nord avait deux essieux accouplés à l'arrière et un bogie à l'avant. Celle de l'Est enfin avait, comme la précédente, ses deux essieux accouplés à

l'arrière, mais elle n'avait qu'un essieu porteur à l'avant. Toutes les quatre représentaient les types couramment employés sur leurs réseaux respectifs à la traction des trains les plus rapides.

Après l'Exposition de 1889, ces expériences furent reprises et étendues. On essaya d'abord en janvier 1890, avant leur retour en Angleterre, les locomotives qu'avaient exposées les Compagnies anglaises du South Eastern et du London Brighton ; la première avait deux essieux accouplés à l'arrière et un bogie à l'avant, et l'autre au contraire deux essieux accouplés à l'avant et un essieu porteur à l'arrière sous le foyer.

Enfin en juin et juillet 1890 on essaya de nouveau les quatre locomotives de 1889 et on leur compara les locomotives qui avaient été présentées à l'Exposition de 1889 par le P.-L.-M., l'Orléans, le Nord, l'Ouest, l'État et le Midi, ainsi qu'une locomotive Crampton modifiée par l'Est qui lui avait appliqué une chaudière Flamant.

Parmi les locomotives de l'Exposition, celle du Midi et l'une de celles de l'Ouest n'étaient que des exemplaires des types couramment employés à l'époque par ces Compagnies. Elles se rapprochaient plus ou moins de celle de l'Est avec leurs deux essieux accouplés à l'arrière et leur essieu porteur à l'avant.

La seconde locomotive exposée par l'Ouest était beaucoup plus puissante que la première; sa chaudière était plus grande et timbrée à 11 *kg* au lieu de 10 *kg*; son poids en ordre de marche était porté de 38 *t* à 47 *t*; enfin l'essieu porteur d'avant y était remplacé par un bogie ayant un déplacement latéral réglé par des ressorts.

Cette locomotive avait ainsi, dans son ensemble, beaucoup d'analogie avec celles du Nord, avec celle exposée par cette dernière Compagnie comme avec l'ancienne; car le Nord, qui possédait pourtant déjà une locomotive compound à quatre cylindres, exposée en 1889 par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, n'avait exposé lui-même et n'a envoyé à nos essais qu'une locomotive à deux cylindres indépendants, présentant la même disposition générale que sa locomotive essayée en 1889, ayant seulement une chaudière plus puissante, timbrée à 12 *kg* au lieu de 11 *kg*, et pesant 44 *t* au lieu de 40 *t*.

Le P.-L.-M. et l'Orléans avaient conservé dans leurs locomotives de l'Exposition la disposition ancienne de leurs quatre essieux, essieux accouplés au milieu, essieux porteurs aux extrémités. La locomotive de l'Etat avait la même disposition. Ce qui caractérisait cette dernière, dont le poids total était de 43,500 *t* c'était sa distribution à déclics, système Bonnefond.

Les locomotives du P.-L.-M. et de l'Orléans avaient un second point commun, l'augmentation de leur timbre, conséquence de l'emploi de l'acier pour leurs chaudières. Celle de l'Orléans était timbrée à 13 *kg* et celle du P.-L.-M. à 15 *kg*.

Là s'arrêtait la ressemblance; la locomotive de l'Orléans était à deux cylindres indépendants; celle du P.-L.-M. était compound avec quatre cylindres, agissant deux par deux sur chacun des deux essieux accouplés. Ce fut la seule locomotive compound qui prit part aux essais.

Le poids de la locomotive du P.-L.-M. était de 53,500 *t*, celui de la locomotive de l'Orléans allait jusqu'à 56 *t*.

Je vous demande pardon, mes chers collègues, d'entrer dans ces détails un peu arides et difficiles à suivre. Ils sont cependant nécessaires pour vous montrer combien les Compagnies tâtonnaient encore en 1889, mais aussi combien elles paraissaient déjà persuadées de la nécessité d'augmenter la puissance de leurs locomotives d'express. Ils sont utiles aussi pour que vous puissiez vous rendre compte de l'ampleur des essais de 1889 et de 1890 et de l'enseignement qu'ont pu en tirer ceux qui y ont assisté.

En quoi ont consisté ces essais?

On a d'abord fait courir les locomotives seules à grande vitesse.

On leur a fait ensuite remorquer des trains, plus ou moins lourds suivant leurs puissances, avec le même horaire pour toutes.

Enfin, mais ceci n'a été fait que pour quelques-unes des locomotives essayées, on les a suspendues en l'air pour les faire tourner à vide sans toucher les rails.

Ce dernier essai n'est pas ordinaire. Il demande une installation coûteuse et délicate; mais il avait paru nécessaire pour trancher le différend entre les observateurs qui attribuaient aux forces d'inertie des pièces en mouvement de la locomotive la production d'un mouvement de lacet dangereux pour la voie, et les calculateurs qui affirmaient, sur la foi de leurs formules, que dans les locomotives bien réglées les mouvements de lacet, dus aux forces d'inertie, ne dépassent pas quelques millimètres et ne suffisent, par conséquent, en aucun cas pour faire heurter les rails par les boudins des roues.

On profita, pour cet essai, d'une écoperche de grande puissance destinée à une de nos gares importantes. C'était une sorte de grue fixe, formée de quatre poutres en tôles et cornières réunies en faisceau par leurs têtes, et reposant par leurs pieds aux quatre sommets d'un carré. Cette écoperche fut installée provisoirement sur de bonnes fondations dans notre atelier de Paris. Les locomotives à essayer pouvaient s'introduire entre ses jambages et être suspendues à sa tête par un système de tirants qui les maintenaient à une certaine distance du sol, sans contrarier, en aucune façon, les mouvements de lacet, de recul ou de tangage qui pouvaient leur être imprimés.

Une fois la locomotive suspendue, on la faisait tourner à petite allure d'abord, puis à des vitesses croissantes jusqu'au nombre de tours correspondant à une marche de 100 à 110 kilomètres à l'heure. A la traverse d'avant de la locomotive étaient fixés des crayons, au moyen desquels la locomotive traçait elle-même ses mouvements sur deux planchettes, l'une horizontale et l'autre verticale. Ces crayons étaient à 5,30 *m* à l'avant de la verticale passant par le point de suspension et à 6,36 *m* au-dessous de ce point.

Les tracés ainsi obtenus, en ce qui concerne le recul et le tangage, ne sont pas très faciles à interpréter, parce que les mouvements de la locomotive dans le plan longitudinal ont été troublés par l'existence dans sa suspension de plusieurs articulations perpendiculaires à ce plan; mais pour le lacet, qui était particulièrement en cause, les tracés sont tout à fait probants et donnent raison aux calculateurs. Comme le faisaient prévoir leurs formules, les déplacements transversaux des crayons n'ont

été que de 1,5 *mm* à 2 *mm* pour la première locomotive essayée, qui était celle du P.-L.-M.. de 3 à 4 *mm* pour la seconde et de 1,5 *mm* à 3 *mm* pour la troisième.

Ces résultats étaient trop nets pour qu'il fût nécessaire de pousser plus loin l'essai. Ils étaient d'ailleurs concordants avec les impressions déjà recueillies pendant les courses à grande vitesse dont nous parlerons tout à l'heure. Des uns et des autres on pouvait tirer la conclusion que des locomotives bien réglées ne prennent pas par elles-mêmes des mouvements de lacet offensifs pour la voie; ce sont toujours les irrégularités de la voie qui provoquent ces mouvements. Hâtons-nous d'ajouter que ces irrégularités étant inévitables, le constructeur de locomotives doit en tenir compte, et s'efforcer, d'une part, d'en atténuer l'effet sur ses machines, et d'autre part de tracer celles-ci et de répartir leurs poids de manière qu'elles réagissent le plus doucement possible sur la voie.

Je vous dirai peu de chose des essais de trains. On a fait huit trains aller et retour entre Montereau et Sens, dont la distance est de 34 *km*, et trente trains, également aller et retour, entre Paris et Laroche, qui sont distants de 154,9 *km*. Les premiers étaient de 147 *t*. Le tonnage des autres a varié de 160 *t* pour la machine Crampton, à qui son manque d'adhérence n'aurait pas permis de trainer plus dans de bonnes conditions, jusqu'à 294 *t* pour les dernières grosses locomotives du P.-L.-M. et de l'Orléans. A chaque train on a mesuré la vitesse, l'effort de traction, le travail développé sur la barre d'attelage à l'arrière du tender, la puissance utile et les consommations d'eau et de charbon.

J'arrive aux essais qui ont été de beaucoup les plus intéressants, et à mon avis les plus féconds, ceux à grande vitesse des locomotives isolées. Ils ont été faits entre Montereau et Sens (distance 34 *km*). Vers le milieu de l'intervalle entre ces deux stations, et sur un parcours de 9,550 *km*, la voie est en alignement droit et presque en palier; sa déclivité n'est que de 0,5 *mm* par mètre. Sur ce parcours, les deux voies avaient été préalablement réfectionnées, l'une d'elles à l'écartement ordinaire de 1,45 *m*, et l'autre à l'écartement de 1,44 *m*. Pour permettre d'aborder et de quitter en pleine vitesse les parties réfectionnées, les 2 *km* précédents et les 2 *km* suivants avaient été revus et corrigés.

Chaque locomotive a fait à son tour plusieurs voyages de Montereau à Sens et retour. En dehors des parties de voies réfectionnées qui formaient ce qu'on pourrait appeler le champ de course, elle ne dépassait guère la vitesse de 90 *km* à l'heure. Sur le champ de course, on la poussait de manière à dépasser la vitesse de 120 *km* qui était alors, et qui est encore, comme je vous le disais tout à l'heure, la plus grande vitesse autorisée en France.

On ne faisait pas une lutte de vitesse, on ne cherchait pas quelle était la machine pouvant courir le plus vite. On voulait seulement les faire courir toutes à des vitesses supérieures à celles de la pratique autorisée, et examiner leur allure à ces grandes vitesses. Au début, la vitesse de 125 *km* avait paru suffisante pour cet examen, et on évitait de la dépasser de peur d'accidents aux bielles d'accouplement, qui n'avaient pas été calculées pour de plus grandes vitesses. Petit à petit, l'habitude nous a rendus moins réservés, nous avons laissé monter peu à peu la vitesse

jusqu'à 136 et 138 *km* sans que les bielles d'accouplement nous jouent de mauvais tours. Les machines de toutes les Compagnies ont atteint ces vitesses, sauf celle à distribution par déclics dont les ressorts de rappel des tiroirs n'étaient pas assez rapides pour suivre une pareille allure, et qui n'a point dépassé 125 *km* à l'heure. Pour la machine Crampton, dans laquelle nous n'avions aucune bielle d'accouplement à ménager, nous avons été jusqu'à 144 *km* à l'heure, ce qui ne fait pas moins de 40 *m* par seconde. Cela ne paraît probablement pas beaucoup à un artilleur comme vous, mon cher Président, mais je me suis laissé dire que cela faisait déjà une certaine impression sur les agents de la gare de Champigny, qui nous voyaient passer à ces belles allures et qui nous trouvaient un faux air de projectile. Pour nous, qui étions sur la machine, cela ne nous en faisait aucune, car, sur l'excellente voie que nous parcourions, nos machines n'avaient aucun mouvement parasite, aucun cahot, et nous glissions sans nous apercevoir de notre grande vitesse autrement que par les relevés chronotachymétriques dont on appelait auprès de nous les résultats à haute voix. C'était la confirmation de ce que nous ont appris d'autre part les essais à l'écoperche. On aurait presque pu dire qu'aux grandes vitesses, et sur cette voie, toutes les locomotives appelées en comparaison étaient aussi parfaites les unes que les autres; c'est surtout sur le reste du parcours, où la voie était moins bonne et la vitesse moindre, que nous avons pu apprécier leurs qualités relatives.

Il a été fait 92 voyages de Montereau à Sens, et 92 voyages de retour, soit 184 voyages formant un total de 6 256 *km*. Je les ai faits presque tous sur la locomotive, derrière le mécanicien, et le souvenir de ce que j'ai vu ainsi est un des meilleurs de ma carrière d'Ingénieur. Un grand nombre d'Ingénieurs de toutes les Compagnies ont suivi ces essais avec moi. Comme la consommation de charbon était très faible, on ne craignait pas de gêner les mouvements du chauffeur, et on s'empilait sur le parquet de la machine et sur le tender.

Quelle conclusion ont eue ces essais? Aucune conclusion officielle, et c'est peut-être ce qui les a rendus le plus féconds. *(Rires.)* En conviant ses Collègues des autres Compagnies à cette comparaison de leurs locomotives, M. Noblemaire ne leur avait pas demandé de constituer une Commission pour délibérer sur les résultats des essais et formuler une conclusion. Il avait pensé avec raison qu'il valait mieux laisser chacun recueillir ses impressions personnelles et en tirer des conclusions appropriées à la situation particulière de sa Compagnie. C'est ce qui a été fait; les spectateurs sont venus en très grand nombre; ils ont pris des notes, échangé leurs appréciations, et ils sont retournés avec leurs documents personnels pour faire profiter leurs Compagnies respectives de ce qu'ils avaient vu, entendu et appris. Le seul document officiel qui soit resté est le gros volume que voici, où sont consignées, mais sans aucune appréciation, toutes les mesures numériques prises pendant les essais. Ce volume n'a pas été répandu dans le public; mais il a été distribué aux administrations de chemins de fer qui avaient pris part aux essais, et au Contrôle de l'État. J'en dépose un exemplaire sur le bureau, pour notre bibliothèque. *(Applaudissements.)*

A défaut de conclusion officielle, vous me demanderez peut-être ma conclusion personnelle. Il m'est très facile de vous satisfaire ; ma conclusion, qui fut aussi celle de mon Ingénieur en chef d'alors, M. Henry, ce fut l'envoi à nos ateliers, le 8 décembre 1890, d'une commande de deux locomotives compound C-11 et C-12, dont la première fut mise en service le 24 mai 1892 et dont les dispositions générales sont encore celles des locomotives d'express que nous faisons construire aujourd'hui.

Une autre Compagnie avait tiré une conclusion peu différente et nous avait devancés de quelques mois dans l'application. C'était le Nord. Dès le mois d'août 1891 notre Collègue M. du Bousquet, avait mis en service une locomotive ayant beaucoup d'analogie avec les nôtres. Je me fais un devoir, tout en revendiquant pour le P.-L.-M. sa part dans la création du nouveau type, de reconnaître cette priorité de mon ami, notre ancien Président. *(Très bien ! Très bien ! Applaudissements.)*

Les nouvelles locomotives du Nord et du P.-L.-M. présentaient des caractères empruntés aux diverses locomotives essayées en 1889 et 1890. Leur aspect général était celui des locomotives d'essai du Nord et de l'Ouest, avec leurs chaudières ramassées et leurs larges bases d'appui sur les rails, leurs essieux accouplés à l'arrière et leurs bogies à l'avant. Comme les locomotives d'essai du P.-L.-M., elles avaient des chaudières d'acier timbrées à très haute pression (15 et 14 *kg*), elles avaient, de plus, la disposition compound avec quatre cylindres, deux cylindres à haute pression attaquant l'essieu d'arrière et deux cylindres à basse pression attaquant l'autre essieu accouplé.

Le nouveau type du P.-L.-M. était caractérisé, de plus, par son foyer en acier et ses tubes à ailettes du système Serve. Je ne m'arrêterai pas au foyer d'acier parce que les difficultés d'entretien de ce genre de foyer nous ont amenés à y renoncer et à revenir au foyer en cuivre, malgré les 1 000 *kg* de surcharge que ce dernier donne à la locomotive. Au contraire, nous sommes restés fidèles aux tubes à ailettes, qui n'ont pas tardé à se répandre, d'ailleurs, dans les autres Compagnies. Vous savez que ces tubes, lisses à l'extérieur, c'est-à-dire du côté de l'eau, où la transmission de la chaleur se fait facilement, présentent à l'intérieur une série de nervures longitudinales ou ailettes qui plongent dans le courant des gaz se dirigeant vers la cheminée, de manière à les dépouiller plus complètement de la chaleur. A la faveur de ces ailettes, on peut obtenir une puissance égale de vaporisation avec des tubes plus courts et, par conséquent, avec une chaudière moins lourde.

Grâce à sa chaudière d'acier, à son timbre de 15 *kg*, à ses tubes Serve, à son compoundage, la nouvelle locomotive du P.-L.-M. pesant 47,910 *t* trainait à vitesse égale des charges de 20 0/0 plus fortes que l'ancienne locomotive de la même Compagnie pesant 50,500 *t* et qui était, avant 1889, la plus puissante locomotive d'express du réseau français.

D'autre part, l'heureuse répartition de ses poids par rapport à sa longue base d'appui, et la répartition de sa puissance entre deux essieux moteurs eurent vite conquis la faveur des Ingénieurs de la voie, qui ne s'opposèrent pas à ce qu'on augmentàt peu à peu sur le même type le poids des locomotives d'express, ce qui permit d'augmenter encore leur puissance. Le poids fut porté en 1894 à 50,600 *t*, et la locomotive de

notre dernier type qui figurait à l'Exposition de 1900 ne pesait pas moins de 56 *t*.

Le Nord a marché dans le même sens en augmentant, dans chaque construction nouvelle, le poids de ses locomotives qui, de 47,800 *t* en 1891, est passé à 52,400 *t* en 1898; la puissance a augmenté en proportion.

En même temps que le Nord et le P.-L.-M., les autres Compagnies françaises ont créé, après 1890, des types originaux et de grande valeur, auxquels nous avons eu, les uns et les autres, plus d'un emprunt à faire. Mais, petit à petit, toutes ou presque toutes se sont ralliées au type dont je viens d'indiquer les traits généraux, et à l'Exposition de Vincennes vous avez pu voir des locomotives d'express de l'Est, de l'Orléans, de l'Ouest et du Midi, construites sur ce type et ayant des poids variant de 51,300 *t* à 58,096 *t*: l'Etat seul faisait exception en restant fidèle aux deux cylindres indépendants, malgré le timbre de 14 *kg* de sa chaudière.

Cette quasi-unanimité a dû réjouir les esprits amoureux de simplification, que vous avez pu entendre quelquefois déplorer ce qu'ils appellent la manie des Ingénieurs du Matériel de toujours innover, pour le vain désir, pensent-ils, de mettre leur griffe sur tout ce qu'ils font construire. Ils ont pu espérer qu'en un jour prochain ces Ingénieurs s'entendraient pour adopter un type unique, réglementé jusque dans les plus petits détails de sa construction, et auquel on ne toucherait plus qu'après mûre délibération et du consentement général. J'émettrai volontiers un espoir tout contraire : c'est que les Ingénieurs du Matériel, après le grand progrès accompli depuis onze ans, ne s'endorment pas dans la satisfaction d'un premier succès, et qu'ils pensent que les avantages donnés au public, grâce à l'amélioration des locomotives, n'ont fait qu'aiguiser son appétit, et qu'il faut travailler pour lui donner des satisfactions nouvelles et plus complètes. *(Applaudissements.)* Vous êtes, d'ailleurs, certainement convaincus comme moi que ce n'est pas par des délibérations en commun, mais par le travail individuel, que, dans l'avenir, comme dans le passé, le progrès s'accomplira. *(Très bien! Applaudissements.)*

Dès aujourd'hui, Messieurs, l'un de nous s'est détaché du groupe et a abandonné le type qu'il avait été l'un des premiers à créer. Vous avez tous admiré comme moi, à l'Exposition, la magnifique locomotive du Nord avec son grand foyer de 2,74 *m* de surface de grille, à l'avant duquel on a dû faire passer les deux essieux couplés, et qu'il a fallu supporter par un cinquième essieu porteur, avec sa surface de chauffe de 208,52 m^2, son timbre de 16 *kg* et son poids de 63 *t*. Vous avez pu admirer aussi les résultats remarquables comme puissance et comme vitesse donnés par cette machine dans l'essai dont le graphique était mis sous les yeux des visiteurs de l'Exposition. Je suis heureux de féliciter aujourd'hui notre Collègue M. du Bousquet de son initiative et de son succès. *(Vifs applaudissements.)*

Mes chers Collègues, vous étiez venus pour entendre un discours, et vous avez subi une véritable communication technique bourrée de chiffres et dénuée d'ornements oratoires. Je ne veux pas la prolonger outre mesure. Je ne vous ai pourtant entretenu encore que d'un point bien

spécial de la question du progrès de la locomotive à vapeur depuis 1889. Je ne vous ai parlé que des locomotives d'express sur les grandes artères peu accidentées du réseau français. Je ne vous ai rien dit des locomotives d'express sur les lignes plus accidentées, rien des locomotives à marchandises, rien des locomotives de montagne. Je ne vous ai rien dit non plus de ce qui s'est fait à l'étranger. J'aurais eu beaucoup à dire sur tous ces sujets et sur le dernier principalement, au sortir de cette grande Exposition de 1900, où nous avons eu la bonne fortune d'admirer une collection de locomotives étrangères comme aucune de nos Expositions précédentes n'en avait encore réuni. Notre savant Collègue M. A. Mallet vous a donné dans notre Bulletin la description la plus complète et la plus intéressante de ces locomotives ; je vous y renvoie. Vous y verrez que, dans tous les grands pays étrangers, la tendance à augmenter le poids et la puissance des locomotives d'express est la même qu'en France. Vous y trouverez des chaudières à timbres élevés, comme chez nous, des machines à quatre cylindres comme les nôtres, ayant les unes deux essieux accouplés et un bogie comme notre type courant, et les autres un essieu porteur en plus à l'arrière comme le dernier type du Nord. Parmi ces dernières, vous trouverez des locomotives d'express pesant jusqu'à 67,750 *t* et 68 *t* comme celles de Hartmann à Chemnitz, et de Krauss à Munich. Vous trouverez plusieurs locomotives présentant des dispositions ingénieuses ayant pour objet l'augmentation de la puissance, telles que la locomotive à surchauffeur de Borsig, et la locomotive retournée du réseau de l'Adriatique, où le foyer est placé à l'avant, au-dessus du bogie, afin de pouvoir être agrandi en largeur sans être limité par les roues.

Je me contenterais de ces indications générales qui viennent corroborer ce que je vous ai dit de notre matériel français, si je n'avais encore à faire sur le matériel étranger une remarque que vous ne me pardonneriez pas d'omettre, c'est la vogue qu'on y constate pour les locomotives compound du système de notre Collègue M. Mallet, compound à deux cylindres ou compound à quatre cylindres agissant deux par deux sur des trucks distincts. Vous savez tous, mes chers Collègues, que c'est sous la première de ces formes que la locomotive compound a fait son apparition, il y a 25 ans, et que c'est en France. Les premières locomotives compound ont été construites en 1875 au Creusot, pour le chemin de fer de Bayonne à Biarritz, sur les plans et d'après le système de M. Mallet. Notre Société, qui a toujours suivi avec le plus grand intérêt les travaux de notre éminent Collègue, ne saurait perdre de vue cette priorité.

En regard des progrès de la locomotive à vapeur dans tous les pays, j'aurais aimé à vous parler de l'entrée en lice de la locomotive électrique ; et ici j'aurais été heureux de rencontrer sur ma route, entre autres nouveautés intéressantes, le succès remporté par nos amis de la Compagnie d'Orléans pour la traction électrique entre la gare Walhubert et la gare du quai d'Orsay. Mais la locomotive électrique n'en est qu'à ses débuts. Elle n'a pas encore abordé la traction des trains lourds et rapides comme ceux qui circulent sur nos grandes artères. Ce sera à un de mes prochains successeurs de vous dire la concurrence qu'elle ne manquera pas

de faire quelque jour, et plus tôt peut-être que nous ne pensons, à nos locomotives à vapeur d'express.

Pour le moment et sans vouloir décourager nos électriciens, bien au contraire, j'ai cru qu'il n'était pas hors de propos de montrer que ma vieille amie, la locomotive à vapeur, était encore bien vivante, qu'elle progressait tous les jours, et qu'elle n'attendait pas la venue de sa jeune rivale pour résoudre les problèmes qui lui étaient posés. J'espère que vous voudrez bien me pardonner de l'avoir fait un peu longuement. *(Longs et vifs applaudissements.)*

PRÉSIDENCE DE M. CH. BAUDRY, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de porter à la connaissance de la Société les décès de plusieurs de nos Collègues. Ce sont :

M. R.-Ch.-V. Le Roy des Closages, ancien élève de l'École Centrale (1860), Membre de la Société depuis 1864, industriel;

M. A. de Boischevalier, ancien élève de l'École Centrale (1861), Membre de la Société depuis le 20 juillet 1900. A été sous-directeur de la Société de Saint-Gobain à Stolberg; directeur-gérant de la Société de Courcelles (Belgique), directeur général de la Société rhénane de glaces à Dusseldorf, Ingénieur-conseil de la Société moscovite des industries du verre, gérant de la Société « la Métallisation »;

M. A.-P. Billiant, Membre de la Société depuis 1895, ancien élève de l'École de Brest (Équipages de la Flotte); a été Ingénieur des usines de Gorcy.

M. LE PRÉSIDENT a, par contre, le plaisir d'annoncer à la Société qu'un grand nombre de nos Collègues vient d'être l'objet de distinctions honorifiques. Ont été nommés :

Commandeur de la Légion d'honneur : M. J. Bessonneau;

Officiers de la Légion d'honneur : MM. P. Arbel, A. Bajac, L.-C.-E. Baudet, H.-A. Beau, H.-A. Brustlein, A.-A. Dufrène, J.-A. Dupont, A. Égrot, E. Firminhac, L.-E. Francq, B.-E.-P. Garnier, E. Gruner, A. Lainey, E.-L.-E. Laurent, J. Le Blanc, E.-A. Lebon, E.-A. Postel-Vinay, D.-J. Poulot, H.-E. Sartiaux;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. L. d'Anthonay, E.-H. Arquembourg, P.-J.-J. Bergeron, G.-Ch. Binot de Villiers, A. Bochet, L. Bordet, E.-G. Bouillard, H. Bouruet-Aubertot, A.-J.-F. Cazaubon, J.-L.-F. Chagnaud, F. Cornesse, Ch.-A. Driout, P.-M. Fauquier, R. Godfernaux, E.-H. Hospitalier, Ch.-E. Iung, Ch. Janet, A. Lalance, A.-L.-F. Lotz, A. Loutreuil, Ch. Marteau, A.-A. Marx, P.-V. Masson, E. Mertz, G. Petit, J.-F. Raclet, J.-V. Ragot, L.-E. Serpollet, E. Taragonet, A.-L. de Traz, J.-L.-M. Turbot, E. Vedovelli;

Commandeur de l'ordre d'Isabelle-la-Catholique : M. P. Machavoine.

M. Léon Appert a été nommé Membre de la Commission d'hygiène industrielle.

M. A. Liébaut a été nommé Membre de la Commission supérieure du Travail dans l'industrie.

M. Ad. Bouvier a reçu de la Société technique pour l'industrie du gaz en France une médaille d'argent pour sa communication au Congrès international de l'industrie du gaz de 1900, intitulée : *Comparaison entre les éclairages usuels, à éclairage égal, par la méthode graphique.*

M. A. Lecomte a reçu de la même Société un prix de 250 *f* et une médaille de bronze pour son travail sur *l'Eclairage intensif à incandescence par le gaz et les exhausteurs à gaz.*

Enfin, M. Ch. Fremont a reçu, pour la quatrième fois, de l'Académie des Sciences, le Prix Trémont, pour ses *Études métallurgiques.*

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société que l'American Society of Mechanical Engineers de New-York vient de décerner à notre Président de 1900, M. G. Canet, le titre de Membre honoraire.

Par réciprocité, et comme suite aux deux nominations analogues dont notre Président a déjà été l'objet, il propose de décerner le titre de Membre honoraire à :

Sir Roberts-Austen, ancien Président de l'Iron and Steel Institute;

M. C. A. Parsons, Président de l'Institution of Junior Engineers;

M. Ch. H. Morgan, Président de l'American Society of Mechanical Engineers. *(Approbation unanime.)*

L'admission de ces Membres honoraires sera, conformément à l'article 4 du Règlement, soumise au vote dans la première séance de février.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui figurera dans un prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages, il signale plus spécialement une brochure qui nous a été envoyée par la Chambre de commerce austro-hongroise de Paris, et qui est intitulée : *Loi XLIX de 1899 et Instructions relatives aux faveurs accordées à l'industrie nationale dans les pays de la Sainte-Couronne hongroise*, publiée par les soins du Ministère royal hongrois de Commerce de Budapest.

Notre Collègue M. E. Cacheux nous a fait remettre les documents concernant l'Exposition Internationale de Sauvetage en cas d'incendie, Exposition qui se tiendra cette année à Berlin pendant les mois de juin et juillet.

La Société industrielle de Rouen nous avise qu'elle organise un Congrès des Sociétés industrielles techniques et savantes, Congrès qui doit coïncider avec l'ouverture de l'Exposition des arts appliqués à la décoration des tissus, organisée par la même Société, pour le mois de juin 1901.

Enfin, la Société a reçu de notre Collègue M. Duclout, de la part du Ministère des Travaux publics de la République Argentine, les études, et documents préliminaires à un concours ouvert pour la *Construction et l'exploitation d'un port commercial dans la ville de Rosario*, située sur le Rio Parana.

Ces documents sont déposés au Secrétariat de la Société, à la disposition de ceux de nos Collègues qu'ils pourraient intéresser.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P. Arbel, C. Basiliades, S.-P. Bizet, A. Collot, L. Elkine, A. Hugot, fils, E.-A. Laurent, J.-A. Lemétais, P.-E. Mercier, V.-F. Robin, C. Sellerier, G.-L. Vésier, comme Membres Sociétaires;

Et de Sir Roberts-Austen, Ch.-H. Morgan, et C. A. Parsons, comme Membres Honoraires.

MM. K. C. Bandyopadhyay, F. J. Erhard, J. E. Kelley, P. Novince sont reçus Membres Sociétaires;

Et M. A.-H.-G. Armand, Membre Associé.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

ANNEXE

AU

DISCOURS DE M. G. CANET

PRÉSIDENT SORTANT

I

RÉCEPTIONS DES DÉLÉGUÉS

DES

SOCIÉTÉS TECHNIQUES ET SAVANTES DE L'ÉTRANGER

à l'occasion de l'Exposition de 1900.

I. — LISTE DES COMMISSAIRES DES FÊTES

Commissaire général : M. P. Roger.

Commissaires généraux adjoints : M. E. Bougenaux, S. Pozzy et F. Stolz.

Commissaires : MM. Abadie, Léopold Appert, Arquembourg, Badon-Pascal, Baudoux-Chesnon, G. Béliard, E. Bernheim, Boas, Borne, Bouclier, Bourdil, Boyer, Brancher, Brulé, Caen, Charvet, Chevalier, Chouanard, Compère, Cottenet, Da Cunha, Delaporte, Desforges, Desmarais, Dewavrin, Diligeon, Domange fils, Duchesne, Dumartin, Durey, Falconnet, Fayollet, H. Gaillard, Georgin, Guichard, Hébert, Henry-Lepaute, A. Hermel, Hovine, Jousselin, Julien, Kern, E.-L. Lambert, Laussedat, E.-J. Legénisel, Eug. Lippmann, Lizeray, Loreau fils, Louvet, A. de Marchena, Mardelet, Nettre, A. Neveu, Perroud, J. Piat, F. de Ribes-Christofle, Richou, de Rochefort, Rolland, Sacquin, Supervielle, Thareau, Thomine, Villeneuve, Whaley.

II. — LISTE DES SOCIÉTÉS INVITÉES

Ces réceptions ont eu lieu en deux séries :

La première série, du 15 au 20 juin, comprenait les Sociétés suivantes :

Allemagne : Association des Ingénieurs Allemands.

Angleterre : Institution of Civil Engineers, de Londres; — Institution of Naval Architects, de Londres; — Institution of Mechanical Engineers, de Londres; — Institution of Electrical Engineers, de Londres; — North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers, de Newcastle; — Institution of Mining Engineers, de Newcastle; — Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland, de Glasgow; — Institution of Junior Engineers, de Londres; — Iron and Steel Institute; — Society of Engineers, de Londres.

Autriche-Hongrie : Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne; — Société Hongroise des Ingénieurs et Architectes.

États-Unis : American Society of Civil Engineers, de New-York; — American Society of Mechanical Engineers, de New-York; — American Institute of Mining Engineers, New-York; — Boston Society of Civil Engineers; — Civil Engineers Club of Cleveland; — Engineers Club of Philadelphia; — Engineers Club of Saint Louis; — Western Society of Engineers, Chicago.

La deuxième série, du 29 juin au 4 juillet, se composait des Sociétés suivantes :

Alsace : Société Industrielle de Mulhouse.

Belgique : Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège; — Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Gand; — Association des Ingénieurs sortis de l'Institut Electrotechnique Montefiore; — Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles (École Polytechnique); — Société Belge des Ingénieurs et Industriels; — Société Belge d'Électriciens; — Société des Ingénieurs sortis de l'École provinciale d'industrie et des Mines du Hainaut; — Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de l'Université de Louvain.

Colombie : Société Colombienne des Ingénieurs.

Danemark : Société des Ingénieurs Civils Danois.

Espagne : Association Nationale des Ingénieurs Industriels Madrid-Barcelone.

Hollande : Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais.

Italie : Collegio degli ingegneri ed architetti de Milan; — Collegio degli ingegneri e degli architetti, de Palerme; — Società degli ingegneri e degli architetti italiani, de Rome.

Mexique : Association des Ingénieurs et Architectes de Mexico.

Norvège : Société des Ingénieurs Civils Norvégiens; — Polytechnicum Forening.

Portugal : Association des Ingénieurs Civils Portugais.

République Argentine : Société Scientifique Argentine de Buenos-Ayres.

Russie : Société des Ingénieurs des voies de communication de Russie; — Société Impériale technique Russe; — Société des Ingénieurs Civils Russes; — Société des Ingénieurs technologues; — École des Mines supérieure de Russie; — Société des Ingénieurs des Mines de Russie; — École de technologie supérieure de Russie.

Suède : Société des Ingénieurs Civils Suédois.

Suisse : Société des Anciens Élèves de l'École Polytechnique Fédérale Suisse; — Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes; — Société des Ingénieurs et Architectes Suisses.

Association Internationale pour l'essai des matériaux de construction.

II

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

I

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

FAISANT PARTIE

DU PERSONNEL SUPÉRIEUR

DES COMITÉS, COMMISSIONS, JURYS & DIVERS

de l'Exposition Universelle et des Congrès Internationaux de 1900 (1)

PERSONNEL SUPÉRIEUR

Commissaire général :

M. A. Picard (M. H.).

Directeur général de l'Exploitation :

M. L. Delaunay-Belleville.

Chef du Secrétariat de la Direction des Services d'architecture :

M. A. Sacquin.

Installations électriques :

MM. R.-V. Picou, Ingénieur en chef; — J. Grosselin, Ingénieur adjoint.

Installations mécaniques :

MM. Ch. Bourdon, Ingénieur en chef; — M. Boutté, A. Chertemps et G. Eude, Ingénieurs adjoints.

Constructions métalliques :

MM. M. Duplaix, Ingénieur en chef adjoint; — G. Bähr, Ingénieur du contrôle; — P.-F. Rey, Ingénieur du contrôle.

Ingénieurs de groupes et de classes :

MM. X. Gosselin, Ingénieur principal du Groupe V; — H. Rolland, classe 20; X. Gosselin, classe 23; A. Labussière, classes 37 et 55; J. Pérard, classe 53; P. Escande, classe 64; F. Armand-Delille, classes 76 et 77; E. Chardon, classe 78.

Architectes de palais et de classes :

MM. J. Hermant, Architecte du Palais du Génie civil et des moyens de transport; G. Trélat, classes 1, 2 et 3 (chargé de l'installation générale du Ministère de l'Instruction publique dans ces différentes classes); F. Delmas, classes 6, 15 et 53 et Architecte du Pavillon du Ministère du Commerce et de l'Industrie (Enseignement technique); J. Hermant, classes 17 et 82; L. Dumoulin, classe 40; L. Benouville, classes 62, 67, 87 et 89 et du Vieux Paris.

Contentieux de l'Exposition :

M. H. Josse, Conseil technique.

Inspecteur principal :

M. V. Amilhau (annexe de Vincennes).

(1) La mention (M. H.) placée après les noms indique les membres honoraires de la Société.

COMMISSION PRÉPARATOIRE DE L'EXPOSITION

MM. A.-G. Broca et Ch. Prevet, *Membres.*

COMMISSION SUPÉRIEURE DE L'EXPOSITION

Vice-Président : M. A. Picard (M. H.), Commissaire général de l'Exposition.

Membres : MM. G. Berger (M. H.), M. Berthelot (M. H.), M. Bixio, P. Buquet, L. Delaunay-Belleville, colonel A. Laussedat (M. H.), E. Pereire, A. Poirrier, le Président de la Société des Ingénieurs civils de France, E. Schneider, E. Trélat, E.-W. Windsor.

COMITÉ SUPÉRIEUR DE REVISION DE L'EXPOSITION

Vice-Président : M. A. Poirrier ; *Secrétaire :* M. G. Sohier ; *Membres :* MM. C. Bariquand, G. Berger (M. H.), colonel A. Laussedat (M. H.), Ch. Prevet (*Présidents de Comités de groupe*); Ch. Baudry, Ch. Compère, E. Gruner (*Secrétaires de Comités de groupes*).

COMITÉ TECHNIQUE DES MACHINES

Vice-Président : M. E. Richemond.

Membres : MM. E. Bariquand, B. Bassères, Ch. Baudry, F. Bougarel, A. Bougault, Ed. Bourdon, G. du Bousquet, A. Cazaubon, Ch. Compère, P. Darblay, F. Dehaître, A. Dujardin, N. Duval-Pihet, L. Édoux, P. Farcot, L. Féray, M. Geny, B.-E. Garnier, Colonel A. Laussedat (M. H.), J. Le Blanc, P. Le Gavrian, A. Liébaut, A. Muller, S. Périssé, A. Piat, E. Polonceau, F. Reymond, N. Roser, A. Rouart, L. Salomon, L. Sautter, E.-W. Windsor. — *Secrétaire :* M. A. de Dax.

Sous-Comités techniques.

I **Machines.**	II **Chaudières.**	III **Installations diverses.**
MM. E. Richemond, *Président.*	MM. Ch. Compère, *Membre.*	MM. E. Bariquand, *Prést.*
P. Garnier, *Membre.*	A. Bougault, —	A. Liébaut, *Membre.*
M. Geny, —	N. Roser, —	Ed. Bourdon, —
A. de Dax, *Secrétaire.*	F. Bougarel, —	A. Piat, —
		S. Périssé, —
		L. Feray, —

COMITÉ TECHNIQUE D'ÉLECTRICITÉ

Vice-Président : M. H. Fontaine.

Membres : MM. H. Beau, A. Cance, J. Carpentier, E. Clémançon, A. Doumerc, G. Dumont, A. Farcot, E. Harlé, A. Hillairet, E. Hospitalier, H. Menier, D. Monnier, L. Parent, A. Postel-Vinay, E. Sartiaux, L. Weiller. — *Secrétaires :* MM. M. Miet et M. de Nansouty.

Commissions.

I **Production.**	II **Canalisation, Éclairage.**	III **Applications diverses.**
MM. H. Fontaine, *Vice-Président.*	MM. L. Weiller, *Vice-Président.*	MM. A. Farcot, *Membre.*
J. Carpentier, *Memb.*	H. Beau, *Membre.*	E. Hospitalier, —
A. Doumerc, —	A. Cançe, —	D. Monnier, —
G. Dumont, —	E. Harlé, —	E. Sartiaux, —
A. Hillairet, —		M. de Nansouty, *Secrétaire.*
L. Parent, —		
A. Postel-Vinay, —		
M. Miet, *Secrétaire.*		

COMMISSIONS DIVERSES

COMMISSION SUPÉRIEURE DES EXPOSITIONS RÉTROSPECTIVES des Beaux-Arts et des Arts décoratifs.

M. Alfred PICARD (M. H.), *Vice-Président.*

MM. G. BERGER (M. H.), H.-C. BOUILHET, L. DELAUNAY-BELLEVILLE, P. GARNIER, colonel A. LAUSSEDAT (M. H.), A. ROUART, E. DE ROTHSCHILD, G. DE ROTHSCHILD, A. SACQUIN, A. SOMMIER.

COMITÉ CONSULTATIF CONTRE LES DANGERS D'INCENDIE de l'Exposition de 1900.

MM. H. BUNEL et R.-V. PICOU.

COMMISSION CHARGÉE DE VÉRIFIER ET DE RECEVOIR LES CONSTRUCTIONS des concessionnaires à l'Exposition de 1900.

M. H. BUNEL.

COMITÉS DE GROUPE

Groupe I : Éducation et Enseignement. — M. P. JACQUEMART, *Membre.*

Groupe III : Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts. — M. le colonel A. LAUSSEDAT (M. H.), *Président.*

Groupe IV : Matériel et procédés généraux de la mécanique. — M. E. BARIQUAND, *Président.* M. Ch. COMPÈRE, *Secrétaire.* MM. A. HUGUET, J. LE BLANC, L. MASSON, S. PÉRISSÉ, G. TRESCA, *Membres.*

Groupe V : Électricité. — MM. Ch.-E. CHAPERON, H. FONTAINE, E. HARLÉ, E. HOSPITALIER, *Membres.*

Groupe VI : Génie civil, moyens de transport. — M. Ch. BAUDRY, *Secrétaire.* MM. M. COTTENET, A. GUILLOTIN, Ch. JEANTAUD, L. PIAUD, L. SALOMON, *Membres,*

Groupe VII : Agriculture. — MM. E. LAVALARD, A. RONNA, *Membres.*

Groupe X : Aliments. — M. Ch. PREVET, *Président.* MM. E. BOIRE, G. MENIER. J. SIGAUT, *Membres.*

Groupe XI : Mines, Métallurgie. — M. E. GRUNER, *Secrétaire.* MM. S. JORDAN, Ch. OUACHÉE, *Membres.*

Groupe XII Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations. — M. G. BERGER (M. H.), *Président.* MM. L. D'ANTHONAY, L. APPERT, L. BENOUVILLE, J. GROUVELLE, A. LEBON, G. MAËS, L. MAGNE, *Membres.*

Groupe XIII : Fils, Tissus, Vêtements. — MM. G. DENIS, Ch. BALSAN, J. IMBS, A. SEYDOUX, *Membres.*

Groupe XV : Industries diverses. — M. P. GARNIER, *Membre.*

Groupe XVI : Économie sociale, Hygiène, Assistance publique. — M. L. DURASSIER, *Membre.*

Groupe XVII : Colonisation. — M. A. DE TRAZ, *Membre.*

COMITÉS D'ADMISSION

Groupe I : Éducation et Enseignement.

Classe 3 : Enseignement supérieur. Institutions scientifiques. — MM. M. BERTHELOT (M.-H.) et J. JANSSEN (M.-H.), *Membres.* — *Classe 4 : Enseignement spécial artistique.* — M. E.

Trélat, *Membre.* — *Classe 5 : Enseignement spécial agricole.* — M. Menard Saint-Yves, *Membre.* — *Classe 6 : Enseignement spécial industriel et commercial.* — M. P. Buquet, *Vice-Président;* M. P. Jacquemart, *Rapporteur;* M. L. Duvignau de Lanneau, *Secrétaire;* MM. J. Bergeron, F. Delmas, J. Grelley, J. Manès, *Membres.*

Groupe II : Œuvres d'art.

Classe 10 : Architecture. — M. L. Benouville.

Groupe III : Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts.

Classe 11 : Typographie. Impressions diverses. — MM. A. Chaix, L. Courtier, A. Dupont, J. Michaud, *Membres.* — *Classe 13 : Librairie, Éditions musicales, Reliure, Journaux, Affiches.* — MM. Ch. Barre et P. Masson, *Membres.* — *Classe 14 : Cartes et appareils de géographie et de cosmographie, Topographie.* — MM. E. Anthoine et J. Vallot, *Membres.* — *Classe 15 : Instruments de précision, Monnaies et médailles.* — M. le Colonel A. Laussedat (M. H.), *Président;* M. P. Charpentier, *Membre.* — *Classe 16 : Médecine et chirurgie.* — M. A. Flicoteaux, *Membre.* — *Classe 18 : Matériel de l'art théâtral.* — MM. E. Clémançon et A.-Ch. Girard, *Membres.*

Groupe IV : Matériel et procédés généraux de la Mécanique.

Classe 19 : Machines à vapeur. — M. A. Liébaut, *Vice-Président;* M. Ch. Compère, *Secrétaire;* MM. F. Bougarel, J. Cordier, A. Dujardin, J. Durenne, F. Dyckhoff, J. Farcot, E. Garnier, E. Guyot-Sionnest, A. Imbert, A. Lotz-Brissonneau, A. Muller, D. Ponchez, N. Roser, D. Stapfer, *Membres.* — *Classe 20 : Machines motrices diverses.* — M. J. Le Blanc, *Président;* M. L. Féray, *Vice-Président;* M. A. Huguet, *Rapporteur;* M. H. Brulé, *Secrétaire;* MM. V. Champigneul, E. Delamare-Deboutteville, E. Firminhac, H. Rouart, I. Schabaver, J.-B. Vidal-Beaume et Ch. Wehrlin, *Membres.* — *Classe 21 : Appareils divers de la mécanique générale.* — M. S. Périssé, *Président;* M. A. Bougault, *Vice-Président;* MM. O. Allaire, E. Badois, G. Binot de Villiers, Ed. Bourdon, G. Caillard, C. Cavelier de Mocomble, L. Desmarais, J.-H. Digeon, A. Domange, L. Édoux, A. Frager, L. Masson, E. Parisse, A. Piat, A. Pifre et J. Thirion, *Membres.* — *Classe 22 : Machines-outils.* — M. E. Bariquand, *Président;* M. N. Duval-Pihet, *Vice-Président;* M. G. Tresca, *Rapporteur;* MM. P. Bodin, A. Cohendet, P. Jametel, F. Kreutzberger, H. Lenicque, L. Pinchart-Deny, D. Poulot et A. Vautier, *Membres.*

Groupe V : Électricité.

Classe 23 : Production et utilisation mécaniques de l'électricité. — M. E. Hospitalier, *Rapporteur;* M. A. Hillairet, *Secrétaire;* MM. A. Bergès, A. de Bovet, E. Desroziers, E. Labour, J. Laffargue, L. Lombard-Gérin, A. Postel-Vinay et J. Raclet, *Membres.* — *Classe 24 : Électrochimie.* — M. D. Monnier, *Vice-Président;* MM. G.-R. Blot, F. Clerc. P. David, J. Sarcia et F. Weil, *Membres.* — *Classe 25 : Éclairage électrique.* — M. H- Fontaine, *Président;* M. E. Harlé, *Rapporteur;* MM. P. Azaria, F. Barbier, H. Beau, A. Cance, C. Delpeuch, A. Lalance, L. Neu, H. Portevin et A. Tricoche, *Membres.* — *Classe 26 : Télégraphie et téléphonie.* — M. E. Richemond, *Vice-Président;* MM. H. Menier et L. Weiller, *Membres.* — *Classe 27 : Applications diverses de l'électricité.* — M. J. Carpentier *Vice-Président;* M. Ch.-E. Chaperon, *Rapporteur;* MM. J. Armengaud jeune, M. Delmas, E. Ducretet, G. Dumont, H. Josse, E. Sartiaux et G. Trouvé, *Membres.*

Groupe VI : Génie civil. — Moyens de transport.

Classe 28 : Matériaux, matériel et procédés du génie civil. — M. A. Guillotin, *Président;* M. E. Candlot, *Secrétaire;* MM. E. Coignet, H. Daydé, L. Dru, B. Dulau, E. Gaget, L. Henry-Lepaute, G. Hersent, M. Kœchlin, J. Le Cœur, Ed. Lippmann, A. Morel et A. Radenac, *Membres.* — *Classe 29 : Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — M. F. Reymond, *Vice-Président;* MM. A. Dardenne, E. Fouquet, E. Lantrac, A. Moisant,

L. Molinos, M. de Nansouty, *Membres.* — *Classe 30 : Carrosserie et charronnage, automobiles et cycles.* — M. M. Cottenet, *Président;* M. A. Peugeot, *Vice-Président ;* M. Ch. Jeantaud, *Rapporteur;* M. le Comte de Dion, *Secrétaire;* MM. M. Bixio, A. Darracq, E. Diligeon, R. Godfernaux, L. Hannoyer, L. Lemoine, V. Mauclère, A. Michelin, R. Panhard, S. Pozzy et E. Quenay, *Membres.* — *Classe 31 : Sellerie et bourrellerie.* — M. L. Meyer, *Secrétaire.* — *Classe 32 : Matériel des chemins de fer et tramways.* — M. L. Salomon, *Rapporteur;* M. Ch. Baudry, *Secrétaire;* MM. A. Barbet, G du Bousquet, G. Broca, Paul Chaillaux, E. Chevalier, G. Chevalier, A. Desouches, E. Faugère, L. Francq, H. Haguet, Ed. Humbert, E. Level, E. Mayer, E. Polonceau, E. Pontzen et L. Serpollet, *Membres.* — *Classe 33 : Matériel de la navigation de commerce.* — M. L. Piaud, *Rapporteur;* MM. P. Carié, A. de Dax, E. Guérin de Litteau, *Membres.* — *Classe 34 : Aérostation.* — M. P. Decauville, *Vice-Président;* M. E. Surcouf, *Membre.*

Groupe VII : Agriculture.

Classe 35 : Matériel et procédés des exploitations rurales. — M. E. Lavalard, *Président;* MM. A. Bajac, A. Le Cler, G. Lefebvre-Albaret, A. Lotz, A. Mulot et L. Paupier, *Membres.* — *Classe 36 : Matériel et procédés de la viticulture.* — M. E. Simoneton, *Membre.* — *Classe 37 : Matériel et procédés des industries agricoles.* — M. A. Ronna, *Président;* M. A. Egrot, *Secrétaire;* MM. J. Hignette et A. Simon, *Membres.* — *Classe 38 : Agronomie, Statistique agricole.* — M. R. Berge, *Membre.* — *Classe 41 : Produits agricoles non alimentaires.* — M. E. Deutsch (de la Meurthe), *Membre.*

Groupe VIII : Horticulture et Arboriculture.

Classe 43 : Matériel et procédés de l'horticulture et de l'arboriculture. — M. Méry-Picard, *Membre.*

Groupe IX : Forêts, chasse, pêche, cueillettes.

Classe 51 : Armes de chasse. — M. E. Mimard, *Membre.* — *Classe 53 : Engins, instruments et produits de la pêche.* — *Aquiculture.* — M. E. Cacheux, *Membre.* — *Classe 54 : Engins, instruments et produits des cueillettes.* — MM. E. Chouanard, L. François, et F. Gouvy, *Membres.*

Groupe X : Aliments.

Classe 55 : Matériel et procédés des industries alimentaires. — M. E. Boire, *Président;* M. A. Rouart, *Vice-Président;* M. J. Ragot, *Rapporteur;* MM. J. Bocquin, F. Brault, E. Brehier, H. Carpentier, F. Fouché et A. Savy, *Membres.* — *Classe 56 : Produits farineux et leurs dérivés.* — M. A. Lainey, *Membre.* — *Classe 57 : Produits de la boulangerie et de la pâtisserie.* — M. J. Sigaut fils, *Membre.* — *Classe 58 : Conserves de viandes, de poissons, de légumes et de fruits.* — M. Ch. Prevet, *Président.* — *Classe 59 : Sucres et produits de la confiserie; condiments et stimulants.* — M. G. Menier, *Président;* M. A. Macherez, *Vice-Président;* MM. A. Jacquin et A. Sommier, *Membres.* — *Classe 60 : Produits alimentaires d'origine viticole : vins et eaux-de-vie de vin.* — M. Ch. Dollfus-Galline, *Membre.* — *Classe 62 : Boissons diverses.* — M. A. Kreiss.

Groupe XI : Mines. — Métallurgie.

Classe 63 : Exploitations des mines, minières et carrières. — M. Ch. Ouachée, *Rapporteur;* M. E. Gruner, *Secrétaire;* MM. G. Anceau, P. Arrault, L. Boudenoot, G. Bresson, H. Couriot, A. Demmler, H. Fayol, R. Jacquemart, O. Maggiar, L. Mercier, L. Millot, G. Petitjean, J. Plichon et P. Schneider, *Membres.* — *Classe 64 : Grosse métallurgie.* — M. J. Mesureur, *Vice-Président;* M. H. Pinget, *Secrétaire;* MM. P. Arbel, P. Bertin-Mourot, E. de Boischevalier, H. Desmons, A. Dreux, L. Gasne, D. Ghesquière-Dierickx, A. Grimault, F. Hubin, R. Jacquemart, V. de Lespinats, A. Marsaux, A. Pourcel, F. Raty, X. Rogé, F. de Saintignon, E. Schneider et E. Taragonet, *Membres.* — *Classe 65 : Petite métallurgie.* — M. A. Dufrène, *Vice-Président;* M. A. Cazaubon, *Secrétaire;* — MM. P. Bertin-Mourot, A. Boas, E. Bouchacourt, L. Crépel, F. Crouzet-Hildebrand, A. Donon, P. Larivière, V. Mabille, E. Magnard, P. Millet, E. Plichon, G. Thomas et J. Turbot, *Membres.*

Groupe XII : Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations.

Classe 66 : Décoration fixe des édifices publics et des habitations. — M. G. Berger (M. H.), *Président;* M. P. Sédille, *Vice-Président;* MM. A. Bricard et L. Huvé, *Membres.* — *Classe 68 : Papiers peints.* — MM. E. Armengaud aîné et A. Aubert, *Membres.* — *Classe 69 : Meubles à bon marché et meubles de luxe.* — M. L. Benouville, *Rapporteur.* M. L. Jamin, *Membre.* — *Classe 70 : Tapis, tapisseries et autres tissus d'ameublement.* — M. M. Clair, *Membre.* — *Classe 72 : Céramique.* — M. P.-H. Boulenger, *Secrétaire;* MM. G. Duparc, le baron H. d'Huart, *Membres.* — *Classe 73 : Cristaux et verrerie.* — M. Léon Appert, *Président;* M. L. Renard, *Vice-Président;* M. G. Maës, *Rapporteur;* MM. A. Biver, A. Chartier, G. Despret, L. Lémal et A. Mulat, *Membres.* — *Classe 74 : Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — M. J. Grouvelle, *Président;* M. J. Piet, *Vice-Président* M. L. d'Anthonay, *Rapporteur;* MM. J. Avril, H. Garnier, A. Godillot-Alexis, J. Haillot, V. Maugin, E. Nicora, M. Perret et J.-J. Pillet, *Membres.* — *Classe 75 : Appareils et procédés d'éclairage non électrique.* — M. E. Cornuault, *Président;* M. A. Lebon, *Secrétaire;* MM. F. Alavoine, A. Engelfred, M. Fourchotte, L. Gaudineau, P. Jean et H. Luchaire, *Membres.*

Groupe XIII : Fils, tissus, vêtements.

Classe 76 : Matériel et procédés de la filature et de la corderie. — M. E. Simon, *Vice-Président;* M. J. Imbs, *Rapporteur;* MM. A. Doumerc, A. Duboul et A. Salin, *Membres;* — *Classe 77 : Matériel et procédés de la fabrication des tissus.* — M. G. Denis, *Président;* E. Buxtorf, *Membre.* — *Classe 78 : Matériel et procédés du blanchiment, de la teinture, de l'impression et de l'apprêt des matières textiles à leurs divers états.* — M. F. Dehaitre, *Vice-Président;* MM. H. Boucheron, H. David, H. Maes et E. Mathieu, *Membres.* — *Classe 80 : Fils et tissus de coton.* — M. Esnault-Pelterie, *Secrétaire;* MM. E. Gillotin et A. Wallaert, *Membres.* — *Classe 81 : Fils et tissus de lin, de chanvre, Produits de la corderie.* — M. H. Bouruet-Aubertot, *Secrétaire;* MM. E. Agache et P. Fleury, *Membres.* — *Classe 82 : Fils et tissus de laine.* — M. Ch. Balsan, *Président;* M. A. Seydoux, *Rapporteur;* M. Ch. Marteau, *Secrétaire ;* MM. G. Reynaud et A. Walbaum, *Membres.* — *Classe 84 : Dentelles, broderies, passementerie.* — MM. A. Loreau et E. Neveu, *Membres.*

Groupe XIV : Industries chimiques.

Classe 87 : Arts chimiques et pharmacie. — MM. E. Asselin, L. Billaudot, A. de Bonnard-Ch. Brigonnet, J. Coignet, E. Collin, V. Deschiens, H. Deutsch (de la Meurthe), G. Dufraisse, E. Lequin, Ch. Lorilleux, Ch.-E. Noel et G. Vésier *Membres.* — *Classe 88 : Fabrication du papier.* — MM. A. Blanchet, P. Chouanard, P. Darblay, A. Kaindler, P. Laligant et G. Olmer, *Membres.* — *Classe 89 : Cuirs et peaux.* — MM. E. Bérendorf et G. Tourin, *Membres.*

Groupe XV : Industries diverses.

Classe 93 : Coutellerie. — M. R. Chéron, *Membre.* — *Classe 94 : Orfèvrerie.* — M. F. de Ribes-Christofle, *Secrétaire.* — *Classe 96 : Horlogerie.* — M. J. Japy, *Vice-Président;* M. P. Garnier, *Rapporteur;* M. E. Chateau, *Membre.* — *Classe 97 : Bronze, fonte et ferronnerie d'art, Métaux repoussés.* — M. R. Jabœuf, *Membre.* — *Classe 99 : Industrie du caoutchouc et de la gutta-percha, Objets de voyage et de campement.* — M. H. Hamet, *Secrétaire;* M. H. Falconnet, *Membre.*

Groupe XVI : Économie sociale, Hygiène, Assistance publique.

Classe 101 : Apprentissage ; Protection de l'enfance ouvrière. — M. L. Durassier, *Rapporteur;* MM. P. Mahler, F. Mangini et G. Richou, *Membres.* — *Classe 103 : Grande et petite industrie ; Associations coopératives de production ou de crédit, Syndicats professionnels.* — MM. E. Lahaye et L. March, *Membres.* — *Classe 105 : Sécurité des ateliers,*

Réglementation du travail. — MM. A. Bonnaud, E. Deharme, P. Le Gavrian et A. Wurgler, *Membres.* — *Classe 106 : Habitations ouvrières.* — M. Ch. Janet, *Secrétaire;* MM. J. Bourdais, H. Bunel et E. Cacheux, *Membres.* — *Classe 108 : Institutions pour le développement intellectuel et moral des ouvriers.* — MM. A. Neveu et Th. Villard, *Membres.* — *Classe 109 : Institutions de prévoyance.* — MM. J. Biès-Albert, G. Dupont et E. Leclerc, *Membres.* — *Classe 110: Initiative publique ou privée en vue du bien-être des citoyens.* — M. L. Couvreur, *Membre.* — *Classe 111 : Hygiène.* — MM. J. Berlier, J. Henrivaux et G. Trélat, *Membres.* — *Classe 112: Assistance publique.* — M. F. Honoré, *Membre.*

Groupe XVII : Colonisation.

Classe 113: Procédés de colonisation. — MM. E. Chabrier, E. Mercet, *Membres.* — *Classe 114 : Matériel colonial.* — M. J. Rueff, *Vice-Président;* M. A. de Traz, *Rapporteur;* MM. J.-M. Bel, A. Brüll, A. Nançon et E. Recopé, *Membres.* — *Classe 115 : Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies.* — M. Ch. Gallois, *Membre.*

Groupe XVIII : Armées de terre et de mer.

Classe 116: Armement et matériel de l'artillerie. — MM. A. Brustlein, G. Canet, et J. Werth. — *Classe 117: Génie maritime et services y ressortissant.* — MM. E.-J. Barbier et L. Parent, *Membres.* — *Classe 118 : Génie maritime, Travaux hydrauliques, Torpilles.* — M. L. Baclé, *Secrétaire;* MM. M. Geny et A. Normand, *Membres.* — *Classe 120 : Services administratifs.* — MM. A. Béthouart, E. Cauvin et J. Prevet, *Membres.* — *Classe 121 : Hygiène et matériel sanitaire.* — M. P. Lequeux, *Membre.*

COMITÉS D'INSTALLATION

Groupe I : Éducation et Enseignement.

Classe 4 : Enseignement spécial artistique. — M. E. Trélat, *Membre.* — *Classe 5 : Enseignement spécial agricole.* — M. Ménard-Saint-Yves, *Membre.* — *Classe 6 : Enseignement spécial industriel et commercial.* — M. P. Buquet, *Vice-Président;* M. P. Jacquemart, *Rapporteur;* M. L. Duvignau de Lanneau, *Secrétaire:* M. E. Cail, *Membre.*

Groupe II : Œuvres d'Art.

Classe 10 : Architecture. M. L. Benouville.

Groupe III : Instruments et procédés généraux des Lettres, des Sciences et des Arts.

Classe 11 : Typographie, Impressions diverses. — MM. J. Michaud et E. Pichot, *Membres.* — *Classe 13 : Librairie, Éditions musicales, Reliure, Journaux, Affiches.* — M. P. Masson, *Trésorier.* — *Classe 14 : Cartes et appareils de géographie et de cosmographie, Topographie,* — MM. E. Anthoine et J. Vallot, *Membres.* — *Classe 15 : Instruments de précision. Monnaies et Médailles.* M. le colonel A. Laussedat (M. H.), *Président;* M. Paul Gautier, *Membre.* — *Classe 16 : Médecine et Chirurgie.* — M. A. Flicoteaux, *Membre.*

Groupe IV : Matériel et procédés généraux de la Mécanique.

Classe 19 : Machines à vapeur. — M. A. Liébaut, *Vice-Président;* M. Ch. Compère, *Secrétaire;* M. E. Garnier, *Trésorier;* MM. F. Bougarel, G. Chaligny, A. Dujardin, J. Durenne, A. Farcot, A. Muller, N. Roser, *Membres.* — *Classe 20 : Machines motrices diverses.* — M. J. Le Blanc, *Président;* L. Feray, *Vice-Président;* A. Huguet, *Rapporteur;* H. Brulé, *Secrétaire;* E. Firminhac, *Trésorier;* MM. H. Rouart, J.-B. Vidal-Beaume et Ch. Wehrlin, *Membres.* — *Classe 21 : Appareils divers de la mécanique générale.* — M. S. Périssé, *Président;* M. A. Bougault, *Vice-Président;* M. L. Masson, *Rapporteur;*

M. Paul Roger, *Trésorier;* MM. E. Bourdon, L. Desmarais, J.-H. Digeon, A. Domange, A. Dumont et A. Piat, *Membres.* — *Classe 22 : Machines-outils.* — M. E. Bariquand, *Président;* N. Duval-Pihet, *Vice-Président;* M. G. Tresca, *Rapporteur;* M. H. Lenicque, *Trésorier;* MM. P. Bodin, A. Cohendet, F. Kreutzberger, L. Pinchart-Deny, D. Poulot et A. Vautier, *Membres.*

Groupe V : Électricité.

Classe 23 : Production et utilisation mécaniques de l'électricité. — M. E. Hospitalier, *Rapporteur;* M. A. Hillairet, *Secrétaire;* M. A. Postel-Vinay, *Trésorier;* MM. J. Bénard, A. de Bovet, H. Chaussenot, E. Desroziers, P. Janet et E. Javaux, *Membres.* — *Classe 24 : Électrochimie.* — M. D. Monnier, *Vice-Président;* MM. F. Clerc et E. Collin, *Membres.* — *Classe 25 : Éclairage électrique.* — M. H. Fontaine, *Président;* E. Harlé, *Rapporteur;* P. Azaria, F. Barbier, H. Beau, E. Bernheim, A. Cance, E. Clémançon, E. Vedovelli et Ch. Zetter, *Membres.* — *Classe 26 : Télégraphie et Téléphonie.* — M. E. Richemond, *Vice-Président;* MM. Ch.-E. Iung et H. Menier, *Membres.* — *Classe 27 : Applications diverses de l'électricité.* — M. J. Carpentier, *Vice-Président;* M. Ch.-E. Chaperon, *Rapporteur;* R. Arnoux, E. Ducretet G. Dumont, H. Josse et E. Sartiaux, *Membres.*

Groupe VI : Génie Civil. Moyens de transport.

Classe 28 : Matériaux, matériel et procédés du génie civil. — M. A. Guillotin, *Président;* M. E. Candlot, *Secrétaire;* MM. J. Allard, L. Coiseau, H. Daydé, A. Doniol, L. Dru, L. Henry-Lepaute et G. Hersent, *Membres.* — *Classe 29 : Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — M. F. Reymond, *Vice-Président;* MM. E. Fouquet, J. Hersent, E. Lantrac, A. Moisant, L. Molinos et M. de Nansouty, *Membres.* — *Classe 30 : Carrosserie et charronnage.* — M. M. Cottenet, *Président;* M. A. Peugeot, *Vice-Président;* M. Ch. Jeantaud, *Rapporteur;* M. le comte A. de Dion, *Secrétaire;* MM. M. Bixio, L. Lemoine, A. Michelin, S. Pozzy et E. Quenay, *Membres.* — *Classe 31 : Sellerie et bourrellerie.* — M. L. Meyer, *Secrétaire-Trésorier.* — *Classe 32: Matériel des chemins de fer et tramways.* — M. L. Salomon, *Rapporteur;* M. Ch. Baudry, *Secrétaire-Trésorier;* MM. A. Barbet, G. Broca, A. Desouches, E. Dupuis, L. Francq, E. Level, L. Louvet et E. Polonceau, *Membres.* — *Classe 33 : Matériel de la navigation de commerce.* — M. L. Piaud, *Rapporteur;* M. P. Carié, *Membre.* — *Classe 34 : Aérostation.* — M. P. Decauville, *Vice-Président;* M. E. Surcouf, *Trésorier.*

Groupe VII : Agriculture.

Classe 35 : Matériel et procédés des exploitations rurales. — M. E. Lavalard, *Président;* MM. A. Bajac, L. Chandora, G. Lefebvre-Albaret et L. Paupier, *Membres.* — *Classe 36 : Matériel et procédés de la viticulture.* — M. E. Simoneton, *Trésorier.* — *Classe 37 : Matériel et procédés des Industries agricoles.* — M. A. Ronna, *Président;* M. A. Egrot, *Secrétaire;* MM. P. Barbier, M. Douane, J. Hignette et A. Simon, *Membres.* — *Classe 38 : Agronomie, Statistique agricole.* — M. P. Vincey, *Membre.* — *Classe 41 : Produits agricoles non alimentaires.* — M. E. Deutsch (de la Meurthe).

Groupe VIII : Horticulture et Arboriculture.

Classe 43 : Matériel et procédés de l'horticulture et de l'arboriculture. — M. Picard (Méry), *Membre.*

Groupe IX : Forêts, chasse, pêches, cueillettes.

Classe 49 : Matériel et procédés des exploitations et des industries forestières. — MM. P. Jametel et H. Morin, *Membres.* — *Classe 51 : Armes de chasse.* — M. F. Lemaire, *Membre.* — *Classe 54 : Engins, instruments et produits des cueillettes.* — MM. E. Chouanard, L. François et F. Gouvy, *Membres.*

Groupe X : Aliments.

Classe 55 : Matériel et procédés des Industries alimentaires. — M. E. Boire, *Président;* M. A. Rouart, *Vice-Président;* M. A. Savy, *Trésorier;* J. Ragot, *Rapporteur;* MM. E. Avisse,

E. Bremier, H. Carpentier, G. Durafort, F. Fouché et J. Teisset, *Membres.* — *Classe 56 : Produits farineux et leurs dérivés.* — MM. G. Cornaille et A. Lainey, *Membres.* — *Classe 57 : Produits de la boulangerie et de la pâtisserie.* — M. J. Sigaut, *Rapporteur;* M. A. Labussière, *Membre.* — *Classe 58 : Conserves de viandes, de poissons, de légumes et de fruits.* — M. Ch. Prevet, *Président.* — *Classe 59 : Sucres et produits de la confiserie, condiments et stimulants.* — M. G. Ménier, *Président;* M. A. Macherez, *Vice-Président;* M. A. Jacquin, *Membre.* — *Classe 62 : Boissons diverses.* — M. A. Kreiss.

Groupe XI : Mines, Métallurgie.

Classe 63 : Exploitation des Mines, minières et carrières. — M. Ch. Ouachée, *Rapporteur;* M. E. Gruner, *Secrétaire-Trésorier;* MM. P. Arrault, H. Couriot, H. Fayol et L. Mercier, *Membres.* — *Classe 64 : Grosse métallurgie.* — M. J. Mesureur, *Vice-Président;* M. S. Jordan, *Rapporteur;* M. H. Pinget, *Secrétaire;* M. F. Raty, *Trésorier;* MM. P. Arbel, E. de Boischevalier, A. Dreux, D. Ghesquière-Diericky, E. Schneider et A. Sépulchre, *Membres.* — *Classe 65 : Petite métallurgie.* — M. A. Dufrène, *Vice-Président;* M. A. Cazaubon, *Secrétaire;* MM. A. Boas, P. Larivière, E. Plichon et G. Thomas, *Membres.*

Groupe XII : Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations.

Classe 66 : Décoration fixe des édifices publics et des habitations. — M. G. Berger (M. H.), *Président;* M. A. Bricard, *Membre.* — *Classe 67 : Vitraux.* — M. L. Magne, *Président.* — *Classe 69 : Meubles à bon marché et meubles de luxe.* — M. L. Benouville, *Rapporteur.* — *Classe 70 : Tapis, tapisseries et autres tissus d'ameublement.* — M. M. Clair, *Membre.* — *Classe 72 : Céramique.* — M. P.-H. Boulenger, *Secrétaire;* M. E. Bourry, *Membre.* — *Classe 73 : Cristaux et verreries.* — M. L. Appert, *Président;* M. L. Renard, *Vice-Président;* M. G. Maës, *Rapporteur;* MM. A. Biver, G. Despret et L. Lémal, *Membres.* — *Classe 74 : Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — M. J. Grouvelle, *Président;* M. J. Piet, *Vice-Président;* M. L. d'Anthonay, *Rapporteur-Trésorier;* MM. H. Garnier, G. Alexis-Godillot, V. Maugin, E. Nicora et E. Pommier, *Membres.* — *Classe 75 : Appareils et procédés d'éclairage non électriques.* — M. A. Lebon, *Rapporteur;* M. H. Luchaire, *Secrétaire;* MM. H. Deroy, et M. Fourchotte *Membres.*

Groupe XIII : Fils, Tissus, Vêtements.

Classe 76 : Matériel et procédés de la filature et de la corderie. — M. E. Simon, *Vice-Président;* M. J. Imbs, *Rapporteur;* M. M. Eissen, *Trésorier;* M. A. Doumerc, *Membre.* — *Classe 77 : Matériel et procédés de la fabrication des tissus.* — M. G. Denis, *Président;* MM. E. Buxtorf et P. Roger, *Membres.* — *Classe 78 : Matériel et procédés du blanchiment, de la teinture, de l'impression et de l'apprêt des matières textiles à leurs divers états.* — M. F. Dehaître, *Vice-Président;* M. H. David, *Membre.* — *Classe 80 : Fils et tissus de coton.* — M. A. Esnault-Pelterie, *Secrétaire.* — *Classe 81 : Fils et tissus de lin, de chanvre, Produits de la corderie.* — M. H. Bourruet-Aubertot, *Secrétaire-Trésorier;* MM. E. Agache, J. Bessonneau et P. Fleury, *Membres.* — *Classe 82 : Fils et tissus de laine.* — M. Ch. Balsan, *Président;* M. A. Seydoux, *Rapporteur;* M. Ch. Marteau, *Secrétaire;* M. G. Reynaud, *Membre.* — *Classe 84 : Dentelles, broderies, passementerie.* — MM. A. Loreau et E. Neveu, *Membres.*

Groupe XIV : Industries chimiques.

Classe 87 : Arts chimiques et pharmacie. — MM. E. Lequin et Ch. Lorilleux, *Membres.* — *Classe 88 : Fabrication du papier.* — MM. A. Blanchet, P. Chouanard et P. Laligant, *Membres.* — *Classe 91 : Manufactures de tabacs et d'allumettes chimiques.* — M. J. Coignet, *Membre.*

Groupe XV : Industries diverses.

Classe 92 : Papeterie. — M. Ch. Lamy, *Membre.* — *Classe 93 : Coutellerie.* — M. R. Chéron, *Membre.* — *Classe 94 : Orfèvrerie.* — M. F. de Ribes-Christofle, *Secrétaire-Tréso-*

rier. — *Classe 96 : Horlogerie.* — M. J. Japy, *Vice-Président;* M. P. Garnier, *Rapporteur.* — *Classe 97 : Bronze, fonte et ferronnerie d'art, Zincs d'art, Métaux repoussés.* — M. R. Jabœuf, *Membre.* — *Classe 99 : Industries du caoutchouc et de la gutta-percha, Objets de voyage et de campement.* — M. H. Hamet, *Secrétaire;* — MM. R. Bobet, G. Bouquillon et H. Falconnet, *Membres;* — *Classe 100: Bimbeloterie.* — M. E. Roussel, *Membre.*

Groupe XVI : Économie sociale. Hygiène. Assistance publique.

Classe 101 : Apprentissage, Protection de l'enfance ouvrière. — M. L. Durassier, *Rapporteur;* M. G. Richou, *Trésorier;* MM. P. Mahler et L. Pralon, *Membres.* — *Classe 102 : Rémunération du travail, Participation aux bénéfices.* — M. G. Balas, *Membre.* — *Classe 105 : Sécurité des ateliers, Réglementation du travail.* — M. J. de Coene, *Membre.* — *Classe 106 : Habitations ouvrières,* M. Ch. Janet, *Secrétaire-Trésorier;* MM. H. Bunel, E. Cacheux et F. Mangini, *Membres.* — *Classe 108 : Institutions pour le développement intellectuel et moral des ouvriers.* — M. Th. Villard, *Membre.* — *Classe 109 : Institutions de prévoyance.* — M. J. Biès-Albert, *Membre.* — *Classe 112 : Assistance publique.* — M. F. Honoré, *Membre.*

Groupe XVII : Colonisation.

Classe 113 : Procédés de colonisation. — M. E. Chabrier, *Trésorier;* MM. E. Mercet et A. Suais, *Membres.* — *Classe 114 : Matériel colonial.* — M. J. Rueff, *Vice-Président;* M. A. de Traz, *Rapporteur;* MM. J.-M. Bel, P. Grosselin, A. Marsaux, L. Pélatan et A. Schmid, *Membres.* — *Classe 115 : Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies.* — M. Ch. Gallois, *Membre.*

Groupe XVIII : Armées de terre et de mer.

Classe 116 : Armement et matériel de l'artillerie. — MM. Ch. Boutmy, G. Canet, A. Demmler et J. Werth, *Membres.* — *Classe 117 : Génie militaire et services y ressortissant.* — MM. E.-J. Barbier, A. Bochet, et F. Manaut, *Membres.* — *Classe 118 : Génie maritime, Travaux hydrauliques, Torpilles.* — M. L. Baclé, *Secrétaire;* MM. J. Delacourtie et J. Thirion, *Membres.* — *Classe 120 : Services administratifs.* — MM. A. Béthouart, E. Cauvin et J. Prevet, *Membres.* — *Classe 121 : Hygiène et matériel sanitaire.* — M. P. Lequeux, *Trésorier;* — M. G. Carré, *Membre.*

JURY INTERNATIONAL DES RÉCOMPENSES

I. — JURYS DE CLASSES

Groupe I. — *Classe 5 :* M. J. Dybowski, *Membre.* — *Classe 6 :* M. P. Jacquemart, *Rapporteur;* M. L. Duvignau de Lanneau, *Secrétaire;* MM. P. Buquet et F. Delmas, *Membres;* MM. J. Manès et H. Portevin, *Suppléants.* — *Classe 11 :* MM. A. Chaix et J. Michaud, *Membres.*

Groupe III. — *Classe 13 :* M. P. Masson, *Secrétaire;* M. Ch. Barre, *Suppléant.* — *Classe 15 :* M. le Colonel A. Laussedat (M. H.), *Président.*

Groupe IV. — *Classe 19 :* M. Ch. Compère, *Secrétaire;* MM. P. Fauquier, E. Garnier, E. Guyot-Sionnest, A. Liébaut, N. Roser et Fr. Timmermans, *Membres;* MM. W.-H. Delano, P. Dorel et A. Imbert, *Suppléants.* — *Classe 20 :* M. J. Le Blanc, *Vice-Président;* M. E. Firminhac, *Rapporteur;* M. H. Brulé, *Secrétaire;* M. Ch. Wehrlin, *Suppléant.* — *Classe 21 :* M. L. Masson, *Rapporteur;* MM. Ed. Bourdon, A. Domange et S. Périssé, *Membres;* MM. C. Butticaz, P. Roger et E. Stein, *Suppléants.* — *Classe 22 :* M. E. Bariquand, *Président;* MM. N. Duval-Pihet, D. Poulot et G. Tresca, *Membres.*

Groupe V. — *Classe 23 :* M. le Colonel Th. Turettini, *Président;* M. D. Monnier, *Vice-Président;* M. E. Hospitalier, *Rapporteur;* M. A. Hillairet, *Secrétaire;* MM. E. Ja

vaux, A. Postel-Vinay et J. Raclet, *Membres*. — *Classe 25* : M. H. Fontaine, *Président;* M. H. Josse, *Secrétaire;* MM. A. Cance et G. Martine, *Membres;* MM. M. Miet et A. Palaz, *Suppléants*. — *Classe 26* : M. M. de Nansouty, *Secrétaire;* M. L. Weiller, *Membre*. — *Classe 27* : M. Ch. Chaperon, *Rapporteur;* M. E. Sartiaux, *Secrétaire;* M. G. Dumont, *Membre*.

Groupe VI. — *Classe 28* : M. A. Guillotin, *Président;* M. A. Morel, *Secrétaire;* MM. J. Cousin, et L. Dru, *Membres;* M. E. Candlot, *Suppléant*. — *Classe 29* : M. G. Trélat, *Secrétaire;* MM. F. Reymond et L. Salazar, *Membres*. — *Classe 30* : M. M. Cottenet, *Président;* M. G. Forestier, *Rapporteur;* MM. A. Darracq et L. Lemoine, *Membres;* MM. G. de Chasseloup-Laubat, E. Quenay, et C. Rodrigues-Ely, *Suppléants*. — *Classe 32* : M. L. Salomon, *Rapporteur;* MM. R. Abt, J. Gouin, E. Level et N. Petrow (M. H.), *Membres;* MM. F. Gerstner et W. Strapp, *Suppléants*. — *Classe 33* : M. J. Rueff, *Membre*. — *Classe 34* : M. P. Decauville, *Président;* M. E. Surcouf, *Suppléant*.

Groupe VII. — *Classe 35* : M. Ed. Lavalard, *Président;* M. A. Bajac, *Secrétaire;* M. L. Paupier, *Suppléant*. — *Classe 37* : M. A. Ronna, *Président;* MM. P. Barbier et J. Hignette, *Membres*. — *Classe 41* : M. E. Deutsch (de la Meurthe), *Membre*. — *Classe 42* : M. R. de Batz, *Membre*. — *Classe 43* : MM. G. Bergerot et G. Sohier, *Membres*. — *Classe 44* : M. P. Vincey, *Membre*.

Groupe IX. — *Classe 53* : M. J. Pérard, *Suppléant*. — *Classe 54* : M. L. François, *Membre*.

Groupe X. — *Classe 55* : M. E. Boire, *Président;* M. J. Ragot, *Rapporteur;* MM. H. Carpentier et A. Rouart, *Membres*. — *Classe 56* : MM. G. Cornaille et J. Prevet, *Membres*. — *Classe 58* : M. Ch. Prevet, *Président*. — *Classe 59* : M. A. Macherez, *Président;* M. A. Jacquin, *Membre*. — *Classe 62* : M. A. Kreiss, *Membre*.

Groupe XI. — *Classe 63* : M. E. Boyer, *Secrétaire;* MM. H. Couriot, J. Faure, E. Gruner, Ch. Ouachée, P. Schneider et C. Sellerier, *Membres;* MM. J. Bergeron et I. Manoach, *Suppléants*. — *Classe 64* : M. P. Arbel, *Secrétaire;* MM. E. de Boischevalier, H.-A. Brustlein, J. Mesureur, H. Pinget et G. Vésier, *Membres;* MM. P. Garcia Faria et F. Raty, *Suppléants*. — *Classe 65* : M. A. Dufrène, *Rapporteur;* M. A. Cazaubon, *Secrétaire;* MM. A. Boas, G. Thomas et J. Turbot, *Membres;* M. A. Gabelle, *Suppléant*.

Groupe XII. — *Classe 66* : M. G. Berger (M. H.), *Président*. — *Classe 67* : M. L. Magne, *Président*. — *Classe 70* : M. M. Clair, *Suppléant*. — *Classe 72* : MM. P.-H. Boulenger, P. Faure et A. Loreau, *Membres*. — *Classe 73* : M. L. Appert, *Président;* M. G. Maes, *Membre;* M. G. Despret, *Suppléant*. — *Classe 74* : M. J. Piet, *Président;* M. L. d'Anthonay, *Rapporteur;* M. H. Garnier, *Membre;* M. E. Nicora, *Suppléant*. — *Classe 75* : M. H. Luchaire, *Rapporteur;* M. A. Marx, *Secrétaire;* M. A. Lebon, *Membre;* M. H. Deroy, *Suppléant*.

Groupe XIII. — *Classe 76* : M. J. Imbs, *Rapporteur;* M. E. Simon, *Secrétaire;* M. A. Duboul, *Membre*. — *Classe 77* : M. G. Denis, *Président;* M. E. Buxtorf, *Membre*. — *Classe 78* : M. F. Dehaitre, *Membre*. — *Classe 79* : M. A. Cohendet, *Membre*. — *Classe 81* : MM. E. Agache et J. Bessonneau, *Membres*. — *Classe 82* : M. Ch. Balsan, *Président;* M. Ch. Marteau, *Rapporteur*.

Groupe XIV. — *Classe 87* : M. Ch. Lorilleux, *Membre;* MM. E. Asselin et G. Dufraisse, *Suppléants* — *Classe 88* : M. A. Blanchet, *Rapporteur*.

Groupe XV. — *Classe 92* : M. Ch. Lamy, *Membre*. — *Classe 94* : M. H. Bouilhet, *Président*. —*Classe 96* : M. P. Garnier, *Membre*. — *Classe 99* : M. H. Falconnet, *Suppléant*. — *Classe 101* : M. L. Durassier, *Rapporteur*.

Groupe XVI. — *Classe 106* : M. Ch. Janet, *Secrétaire;* MM. F. Mangini et Th. Villard, *Membres*. — *Classe 109* : M. J. Biès-Albert, *Suppléant*. — *Classe 111* : M. E. Trélat, *Membre;* M. P. Millet, *Suppléant*.

Groupe XVII. — *Classe 113 :* M. P. Guillemant, *Membre.* — *Classe 114 :* M. A. de Traz, *Rapporteur;* M. L. Rueff, *Membre.*

Groupe XVIII. — *Classe 116 :* M. A. Demmler, *Membre;* M. H. Desmons, *Suppléant.* — *Classe 117 :* M. E.-J. Barbier, *Président;* M. F. Manaut, *Secrétaire.* — *Classe 118 :* M. L. Piaud, *Secrétaire;* M. J. Niclausse, *Membre.* — *Classe 120 :* M. E. Cauvin, *Membre.*

EXPERTS DES JURYS DE CLASSES

Groupe III. — *Classe 11 :* M. L. Courtier. — *Classe 12 :* M. J. Carpentier. — *Classe 17 :* M. J. Carpentier. — **Groupe IV.** — *Classe 21 :* MM. J. Digeon, L. Edoux et A. Piat. — **Groupe VI.** — *Classe 33 :* M. L. Piaud. — **Groupe IX.** — *Classe 54 :* M. E. Chouanard. — **Groupe X.** — *Classe 55 :* MM. E. Brehier et B. Lebrun. — *Classe 61 :* M. H. Sauvinet. — **Groupe XI.** — *Classe 65 :* M. P. Larivière. — **Groupe XII.** — *Classe 73 :* M. L. Lémal. — **Groupe XVIII.** — *Classe 117 :* MM. A. Bochet et E. Surgouf. — *Classe 121 :* M. P. Lequeux.

II. — JURYS DE GROUPES

Groupe I : M. P. Jacquemart. — **Groupe III** : M. le Colonel A. Laussedat (M. H.), *Vice-Président.* — **Groupe IV** : MM. E. Bariquand et F. Timmermans, *Vice-Présidents;* MM. E. Firminhac, J. Le Blanc et L. Masson, *Membres.* — **Groupe V** : M. le Colonel Th. Turettini, *Vice-Président;* MM. Ch.-E. Chaperon, H. Fontaine, E. Hospitalier et D. Monnier, *Membres.* — **Groupe VI** : M. F. Reymond, *Vice-Président;* M. Ch. Baudry, *Secrétaire;* MM. M. Cottenet, P. Decauville, G. Forestier (M. H.), A. Guillotin et L. Salomon, *Membres.* — **Groupe VII** : MM. E. Lavalard et A. Ronna, *Membres.* — **Groupe X** : M. Ch. Prevet, *Président;* M. E. Boire, *Vice-Président;* MM. A. Macherez et J. Ragot, *Membres.* — **Groupe XI** : M. Ch. Ouachée, *Secrétaire;* M. A. Dufrène, *Membre.* — **Groupe XII** : M. G. Berger (M. H.), *Président;* M. A. Loreau, *Vice-Président;* MM. L. d'Anthonay, L. Appert, H. Luchaire, L. Magne et J. Piet, *Membres.* — **Groupe XIII** : M. Ch. Balsan, *Président;* MM. M.-G. Denis, J. Imbs et Ch. Marteau, *Membres.* — **Groupe XIV** : M. A. Blanchet, *Membre.* — **Groupe XV** : MM. H. Bouilhet et A. Bricard, *Vice-Présidents.* — **Groupe XVI** : M. L. Durassier, *Membre.* — **Groupe XVII** : M. A. de Traz, *Membre.* — **Groupe XVIII** : M. E.-J. Barbier, *Membre.*

III. — JURY SUPÉRIEUR

M. A. Picard (M. H.), *Vice-Président d'honneur.* — MM. A. Poirrier et M. Berthelot (M. H.), *Vice-Présidents;* M. G. Sohier, *Secrétaire;* MM. Ch. Balsan, E. Bariquand, Ch. Baudry, G. Berger (M. H.), E. Boire, Ch. Bourdon, A. Bricard, Ch. Compère, L. Delaunay-Belleville, E. Gruner, le Colonel A. Laussedat (M. H.), A. Loreau, R.-V. Picou, Ch. Prevet, F. Reymond, E. Richemond, Fr. Timmermans et le Colonel Turettini, *Membres.*

II

RÉCOMPENSES OBTENUES

PAR DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

à l'Exposition universelle de 1900.

Classe 1. — *Grands prix :* MM. Ch. Driessens et Ch. Somasco; — *Mention honorable :* M. E.-J.-E. Fortin-Herrmann.

Classe 3. — *Hors concours :* M. Ch. Janet; — *Grand prix :* M. J. Vallot; — *Médailles d'argent :* MM. M.-J.-M. Bel et G. Hanarte.

Classe 5. — *Hors concours :* M. A. Bajac.

Classe 6. — *Hors concours :* MM. F. Delmas et Duvignau de Lanneau; — *Médailles d'or :* M. J. Digeon; — Collaborateurs : MM. A.-J.-Ch. Hegelbacher et A.-F. Imber; — *Médailles d'argent :* MM. E. Cail et Ch. Driessens; — Collaborateur : M. Louis Simon; — *Médaille de bronze :* Collaborateur : M. E. Guiard.

Classe 10. — *Hors concours :* M. L. Magne; — *Médaille d'argent :* M. L. Benouville.

Classe 11. — *Hors concours :* M. Ch. Lorilleux; — *Grand prix :* M. Ed. Lambert; — *Médaille d'or :* M. E.-L. Lefranc; — *Médailles d'argent :* MM. E. Capiomont et O. Rochefort; — *Médailles de bronze :* MM. L. Braun et L. Desmarais.

Classe 12. — *Hors concours :* M. J. Carpentier; — *Grand prix :* M. L. Gaumont; — *Médailles d'or :* MM. J.-V. Damoizeau, P. Mercier, J. Richard et J. Vallot; — *Médailles d'argent :* MM. D.-A. Longuet, G. Mareschal; — *Mention honorable :* M. L. Pornin.

Classe 13. — *Hors concours :* MM. A. Chaix et le colonel A. Laussedat (M. H.); — *Médailles d'or :* MM. Ch. Béranger, Esnault-Pelterie et Barbet-Massin; — *Médaille d'argent :* M. L. Aulanier; — Collaborateur : M. A. Dumas; — *Mentions honorables :* MM. G. Cosmovici et H. Farjas.

Classe 14. — *Hors concours :* M. L. Dru; — *Médailles d'or :* MM. H. Vallot et J. Vallot; — *Mentions honorables :* MM. P. Liottier et J.-F. Pillet.

Classe 15. — *Grands prix :* MM. J. Carpentier, Chateau père et fils, F.-P. Gautier, L. Pinchart-Deny et J. Richard; — *Médailles d'or :* MM. J.-H. Digeon, P. Mahler, H. Morin; — Collaborateur : M. C. Gautier.

Classe 16. — *Grand prix :* M. P. Lequeux; — *Médaille d'or :* M. A. Flicoteaux.

Classe 17. — *Hors concours :* M. L.-E. Gaveau.

Classe 18. — *Hors concours :* M. J. Bessonneau; — *Médaille d'or :* M. V. Langlois.

Classe 19. — *Hors concours :* MM. Ch. Bourdon, F.-E. Bourdon, H. Brulé, L. Delaunay-Belleville, P.-M. Fauquier, Garnier et Faure-Beaulieu, J. Le Blanc, Meunier, Muller et Roger, de Naeyer, J.-A. Niclausse et N. Roser; — *Grands prix :* MM. A.-D. Dujardin, P. et A. Farcot; — *Médailles d'or :* MM. A. Bary, Ch. Béranger, J.-G. Chaligny, J.-H. Digeon, A. Girard, Lefebvre-Albaret et Laussedat, E. Mertz, A. Montupet, Sautter et Harlé; — Collaborateurs : MM. Armengaud aîné, E.-A. Bourdon, L. David, J.-A. Delacourtie, P. Edelmann, G. Lenz, J. Naeder, L. Parent, Ch. Talansier, Aug. Thomas et J. Wauthy; — *Médailles d'argent :* MM. A. Aubert, E. Berendorf, G.-H. Cochot, F. Fouché, Grouvelle et Arquembourg, Ch. de Mocomble, L.-F. Pile, L.-E. Prat, G. Samain, A.-R. et J.-A. Thirion; — Collaborateurs : MM. L. Belmère, A. Dumas et Ph. Serre; — *Médailles de bronze :* MM. A.-P. Duval, P. Guédon, J. Hinstin, A. Philippe, Ed. Pollon et Popineau-Vizet.

Classe 20. — *Hors concours :* MM. H. Brulé, E. Firminhac, J. Le Blanc, N. Roser et H.-A. Rouart; — *Grands prix :* MM. Japy, Teisset et Chapron; — *Médailles d'or :* MM. P. Darblay, J.-B.-L. Vidal-Beaume; — Collaborateurs : MM. Delamare-Deboutteville, Flocon et N. François; — *Médailles d'argent :* MM. D. Augé, L. Desmarais et A. Fritscher; — Collaborateurs : MM. Massabiaux, J.-E. Maurer, A.-M. Milson et L.-G. Roman; — *Médaille de bronze :* M. C. Durey-Sohy; — *Mention honorable :* M. A.-L.-F. Lotz.

Classe 21. — *Hors concours :* La Société des Ingénieurs Civils de France, MM. E. Bariquand, Ed. Bourdon, H. Brulé, L. Delaunay-Belleville, J.-H. Digeon, Domange et fils, N. Duval-Pihet, L. Edoux, L.-A. François, H. Garnier, P. Garnier, J. Le Blanc, J.-L.-P. Larivière, V. Mabille, P.-E. Magnard, Muller et Roger, Piat et ses fils; — *Grands prix :* MM. Daydé et Pillé, et C. de Mocomble; — *Médailles d'or :* MM. H. Audemar, H. Chartran, L.-A. Delaloe, L. Desmarais, Elwell et Seyrig, L. Leverd, L.-G. Mégy, J. Richard, F.-J. Saint-Cric, Sautter et Harlé, P. de Singly, A.-R. et J.-A. Thirion; — Collaborateurs : MM. B. Bassères, F.-A. Brocq, L. Étienne, Ch. Iung, H. Mamy, F. Singre et Aug. Thomas; — *Médailles d'argent :* MM. L.-F. Bellot,

P.-G. Delettrez, J. Dulomet, L. Dumontant, C. Durey-Sohy, A. Janet, E. Mertz, H. Morin et L. Neu; — Collaborateurs : MM. A. Centner, J. Level et Massabiaux; — *Médailles de bronze :* MM. L.-Ch. Girodias, Ed. Henry, L.-E. Prat, E. Simoneton et E. Vivez; — Collaborateur : M. T. Bourgue.

Classe 22. — *Hors concours :* MM. E. Bariquand, A. Cohendet, P. Darracq, J. Le Blanc, V. Mabille, Piat et ses fils, et D. Poulot; — *Grands prix :* MM. Ernault, Elwell et Seyrig, G. Kreutzberger, L. Pinchart-Deny et A. Vautier; — *Médailles d'or :* MM. G. Aubert, E. Enfer et F.-F.-G. Fromholt; — Collaborateur : M. J. Leroux; — *Médailles d'argent :* MM. Chouanard, J. Cordier, L.-A. Delaloe, P. Jametel et E. Vivez; — *Médailles de bronze :* Collaborateurs : MM. L. Frey et J. Patoureau; — *Mention honorable :* M. H. Fondeur.

Classe 23. — *Hors concours :* MM. L.-A. François, Hillairet-Huguet, E.-J. Javaux J. Le Blanc et F. Raty; — *Grands prix :* MM. J. Farcot, Geoffroy et Delore, Sautter et Harlé; — Collaborateur: M. W.-C. Rechniewski; — *Médailles d'or :* MM. A. de Bovet et E. Pirani; — Collaborateurs : MM. A. Barbou, A. Bochet, H. Chaussenot, G. Dehenne, E. de Marchena, G. Schwarberg et F. Singre; — *Médaille d'argent :* M. G.-A.-P. Génissieu; — Collaborateurs : MM. E. Avril de Gastel et G.-H. Risler.

Classe 24. — *Médaille d'or :* Collaborateur : M. X. Gosselin; — *Médailles d'argent :* MM. F. Clerc et P.-P.-H. Macé; — *Médaille de bronze :* MM. Commelin et Vian.

Classe 25. — *Hors concours :* MM. A. Cance, E.-J. Javaux, et A. et G. Martine; — *Grands prix :* MM. Barbier et Bénard, Beau, L. Henry-Lepaute, A. Henry-Lepaute et G. Dehesdin, Priestley et Vedovelli, Sautter et Harlé; — Collaborateur : M. L.-J. Clerc; — *Médailles d'or :* MM. Bouchon, E. Guinier, A. Larnaude et Ch. Vigreux; — Collaborateurs : MM. F.-A. Brocq, H. Chaussenot, H. Schwarberg et C. Zetter; — *Médailles d'argent :* Collaborateurs : MM. H. Casevitz et L. Jacquin.

Classe 26. — *Médailles d'or* : MM. Th. Ducousso, E. Ducretet, Limousin et Ravel; — Collaborateurs : MM. Th. Ducousso et A.-J. Meyer-May; — *Médailles d'argent :* Collaborateurs : MM. R. Courtois et M. Roussel.

Classe 27. — *Hors concours :* La Société des Ingénieurs Civils de France; — *Grands prix :* MM. R. Arnoux, J. Carpentier et E. Ducretet, L. Henry-Lepaute, A. Henry-Lepaute et G. Dehesdin; — Collaborateur : M. L. Violet; — *Médailles d'or :* MM. Chateau père et fils, Th. Ducousso et J. Richard; —; *Médailles d'argent :* MM. F. Fouché, A. Guénée et O. Rochefort; — *Médailles de bronze :* MM. Bassée et Michel; — Collaborateur : M. E. Gauthier.

Classe 28. — *Hors concours :* MM. H. Garnier, J.-L.-P. Larivière, et Aug. Morel; *Grands prix :* MM. Barbier et Bénard, L. Chagnaud, Coiseau, Couvreux et Allard, Daydé et Pillé, P. Fougerolle, F. Hennebique, L. Henry-Lepaute, A. Henry-Lepaute, G. Dehesdin, H., J. et G. Hersent; — *Médailles d'or :* MM. J. Allard, G. Carré, Ed. Coignet, M. Davidsen J.-H. Digeon, A. Dumesnil, F. Fouché, L. Landry, J. Le Coeur, A.-Paul Dubos, J. Richard et L. Varigard, P. de Singly, J. Temperley et E. Vinet; — Collaborateurs : MM. L. Baclé, E. Cousin, Goedkoop, Ed.-Ch.-L. Henry, J. Massalski, A. Maury et Sautter et Harlé; — *Médailles d'argent :* MM. C.-E. Bourry, Decout-Lacour, C. Durey-Sohy, H. Lorphelin; — Collaborateurs : MM. L. Cazeau, L. Leuvrais, J. Martinez, Ch. Odent, A.-J. Pagnard, S. Pautynsky, Ch. Regnard et G.-H. Reich; — *Médailles de bronze :* MM. H. Morin et Popineau-Vizet.

Classe 29. — *Hors concours :* La Société des Ingénieurs Civils de France; MM. H. Garnier, J.-L.-P. Larivière et P. Magnard; — *Grands prix :* MM. F.-J. Arnodin, Baudet-Donon, N. Belelubsky, Daydé et Pillé, H.-J. et G. Hersent, Ch. Kessler, J. Le Blanc, Moisant, Laurent et Savey, J. et H. Vallot; — Collaborateur : M. E. Delachanal; — *Médailles d'or :* MM. Ch. Béranger, A. Bonna, Ed. Coignet, A. Dubois et P. Nicolle, Dulac, Ducloux et Minuit, A. Dumesnil, Génissieu, F. Hennebique, H. Murat, A. Puech, J.-J.-R. Supervielle, V. de Timonoff et E. Vinet; — Collabo-

rateurs : MM. L. Adour, P. Bodin, E. Cousin, A. Dumas, E. Godfernaux, E. Lantrac, L. Leudet, J.-P.-E. Martinez, A. Michel-Schmidt, H. de Montgolfier, E. Moulle, L. Parent, G. Petit (2 médailles), E. Pontzen, A.-H.-C. Prévost, G. Rochebois (2 médailles), Ch. Talansier, L. Wiriot, L. Zdziarski; — *Médailles d'argent :* MM. Bail-Pozzy, H. Brulé, J.-H. Digeon, M. Louvel, A. Schmid; — Collaborateurs : MM. A. d'Abramson, L. Adour, Bela de Gonda, N. Belelubsky, E. Bertrand de Fontviolant, Ch. Caucé, L. Dumas, P.-F. Duvillard, P. Garcia-Faria, Ed.-Ch.-L. Henry, S. de Kareischa, M. La Ferté, C. Ligny, Ch. Odent, E. Podroudsky, J. Richard et L. Varigard, E. Verdeaux et P. Yankowski; — *Médailles de bronze :* MM. Chateau père et fils; — Collaborateurs : MM. Béla de Gonda; P.-E. Bélin, E. Divary, G.-A. Morin; — *Mentions honorables :* MM. Priestley et Védovelli, J. Turbot et Vierendeel.

Classe 30. — *Hors concours :* MM. E. Bariquand, H. Binder, Boas Rodrigues, A. Cohendet, P.-A. Darracq, H. Falconnet, L. Lemoine et A. Peugeot; — *Grands prix :* MM. A. de Dion, Ch. Jeantaud et A. Michelin; — *Médailles d'or :* MM. Bail-Pozzy, L. Desmarais, L. Hannoyer et L.-E. Serpollet; — Collaborateurs : MM. R. Bobet, G. Richard, M. Richard et L.-G. Worms; — *Médailles d'argent :* MM. Bassée et Michel, F. Gaillardet, Grouvelle et Arquembourg; — Collaborateur : M. G. Thareau; — *Médaille de bronze :* M. Chaboche; — *Mention honorable* : M. C. Durey-Sohy.

Classe 32. — *Hors concours :* La Société des Ingénieurs Civils de France, MM. H. Luchaire, J. et A. Niclausse et V. Purrey; — *Grand prix :* M. Desouches-David; — *Médailles d'or :* MM. L. Francq, Louvet, A. Mallet, J. Saxby; — Collaborateurs : MM. A. Bonnefond, G. Broca, M. Cossmann, L. Durant, C. Keromnès, H. Forest, L. Francq, de Lipkowski, E. de Marchena, V. Mauclère, N. Mazen et L. Parent; — *Médailles d'argent :* MM. E. Cauvin, A. Collet, J.-H. Digeon et J. Guichard; — Collaborateurs : MM. Ch. Anger, L. Bauzon, F.-A. Bourdon, L. Brossard, Brueckmann, P. Chaillaux, A.-A. Chassin, A. Couderc, R. Dubois, J. Hersent, A. Hiberty, S. de Kareischa, J. Kœchlin, A. Picard, M. Petiet et B. Rebourg; — *Médailles de bronze :* MM. C. Barbey, J. Chateau et E. Flaman; — Collaborateurs : MM. L. Fongaffier et L. Gressier; — *Mentions honorables :* MM. C. Durey-Sohy, Grouvelle et Arquembourg et P. Guédon; — Collaborateur : M. V. Herzenstein.

Classe 33. — *Hors concours :* MM. J. Bessonneau, H. Brulé, J.-L.-P. Larivière, J. Le Blanc, H. Luchaire, J. et A. Niclausse, Panhard et Levassor et E.-J. Turbot; — *Grands prix :* MM. M. Satre et D. Stapfer; — *Médailles d'or :* MM. Grouvelle et Arquembourg, J. Guichard; — Collaborateurs : MM. J. d'Allest, A. Coville et A. Perregaux; — *Médailles d'argent :* MM. C. Durey-Sohy, F. Fouché, E. Mertz, A. Montupet et E. Vivez; — Collaborateur : M. J. Laporte; — *Médailles de bronze :* MM. E. Amblard, A.-P. Duval et A. Philippe.

Classe 34. — *Hors concours :* MM. J. Bessonneau et E. Surcouf; — *Grand prix :* M. J. Richard; — *Médaille d'argent :* Collaborateur : M. J. Flocon.

Classe 35. — *Hors concours :* MM. A. Bajac, E. Bariquand et J. Le Blanc; — *Grands prix :* MM. L. Chandora, Lefèvre-Albaret et Laussedat; — *Médailles d'or :* MM. A. Aubert, A.-L.-F. Lotz et J.-B.-L. Vidal-Beaume; — Collaborateurs : MM. P. Lévy-Salvador et C. Mullet; — *Médailles d'argent :* MM. E. Beaupré, C. Milinaire, P. de Singly, E. Vivez et R. Wallut; — Collaborateur : M. L. Monnier; — *Médaille de bronze :* M. C. Durey-Sohy.

Classe 36. — *Hors concours :* MM. A. Cazaubon et H. Deroy; — *Grands prix :* MM. Egrot et Grangé et E. Simoneton; — *Médailles d'or :* MM. A. Philippe et Simon frères; — *Médailles d'argent :* MM. Ed. Halphen M. Satre et P. de Singly; — *Médaille de bronze :* Collaborateur : M. F.-J. Guillon.

Classe 37. — *Hors concours :* M. J. Hignette; — *Grands prix :* MM. Egrot et Grangé et Simon frères; — *Médailles d'or :* MM. L. Desmarais, M. Douane, F. Fouché et E. Simoneton; — Collaborateur : M. F.-J. Guillon; — *Médaille d'argent :* M. E. Bréhier.

Classe 38. — *Hors concours :* M. P. Vincey ; — *Médaille d'or :* M. L. Chandora. — *Médaille d'argent :* M. Boghos-Pacha-Nubar ; — *Médaille de bronze :* M. F. Fouché.

Classe 39. — *Hors concours :* M. E. Cauvin ; — *Médaille d'or :* M. L. Chandora.

Classe 41. — *Hors concours :* MM. H. et E. Deutsch (de la Meurthe) ; — *Médailles d'or :* M. G. Delettrez ; — Collaborateur : M. A. Hugon ; — *Médaille d'argent :* M. L. Vojacek.

Classe 43. — *Médailles d'or :* MM. C. Durey-Sohy, A.-Paul Dubos, J.-B.-L. Vidal-Beaume.

Classe 46. — *Médaille d'or :* M. G.-A.-P. Génissieu.

Classe 49. — *Grand prix :* M. P. Jametel ; — *Médaille d'or :* M. H. Morin.

Classe 51. — *Médaille de bronze :* M. E. Jouvet.

Classe 53. — *Hors concours :* MM. J. Le Blanc et J. Pérard.

Classe 54. — *Hors concours :* M. L.-A. François ; — *Grand prix :* M. F. Gouvy.

Classe 55. — *Hors concours :* MM. P.-L. Barbier, E. Bréhier, H. Brulé, H. Carpentier, A. Cazaubon, H. Deroy, J. Hignette, J. Ragot et H. Tourneur ; — *Grands prix :* MM. H. Rouart, J. Teisset et L. Chapron ; — Collaborateur : M. E. Avisse ; — *Médailles d'or :* MM. E.-A. Barbet, P. Darblay, L. Desmarais, M. Douane, Egrot et Grangé, F. Fouché, A. Montupet, A.-L. Philippe et A. Savy ; — Collaborateur : M. H. Faucher ; — *Médailles d'argent :* MM. E. Bonvallet, E. Farcot et E. Simoneton ; — Collaborateurs : MM. Ch. Cailliatte et P. Marot ; — *Médailles de bronze :* MM. Th. Cambier, P. Jametel et A.-L.-F. Lotz.

Classe 56. — *Hors concours :* M. A. Cornaille.

Classe 58. — *Hors concours :* M. Ch. Prevet ; — *Médaille d'or :* Collaborateur : M. J.-B. Aurientis.

Classe 59. — *Grand prix :* M. H. Menier ; — *Médailles d'or :* Collaborateurs : MM. E. Calmettes et J. Logre.

Classe 60. — *Médaille d'or :* M. Ed. Halphen ; — *Médailles d'argent :* MM. A. Boucley et B. Rouhard.

Classe 61. — *Hors concours :* M. H. Sauvinet.

Classe 62. — *Hors concours :* M. A. Kreiss.

Classe 63. — *Hors concours :* MM. E.-J. Barbier, J. Bessonneau, H. Couriot, J. Faure et J.-L.-P. Larivière ; — *Grands prix :* M. F. Gouvy ; — Collaborateurs : MM. S. Agniel et H. Fayol ; — *Médailles d'or :* MM. P. Arrault, P. David, J. François, Ed. Lippmann, P. Malissart-Tazza et H. de Neufville ; — Collaborateurs : MM. M. Baer, A. Courtin, H. Domage, R. Etchats, Th. Guérin, Eug. Lippmann, L. Malo, L. Mercier, Ch. Perès, M. Sohm, A. Soupart et A. Taragonet ; — *Médailles d'argent :* MM. L. Chateau-Guye, J.-H. Digeon, F. Fromholt, H. Lenicque, D. Levat et H. Morin ; — Collaborateurs : MM. Benoiste, P. Bursaux, E. Delage, L. Dubois, M. Fontaine, H.-G. Hennebutte, L. Maudet et Ed. Peny ; — *Médailles de bronze :* M. E. Farcot fils ; — Collaborateurs : MM. L. Bodard, L. Dumas et Ch. Frairrot ; — *Mentions honorables :* M. R. de Batz ; — Collaborateur : M. E. Vincens.

Classe 64. — *Hors concours :* La Société des Ingénieurs Civils de France, MM. P. Arbel, L. Delaunay-Belleville, J. Le Blanc, P.-E. Magnard et F. Raty ; — *Grands prix :* M. F. Hubin ; — Collaborateurs : MM. J. de Montgolfier, A. Résimont et J. Werth ; — *Médailles d'or :* MM. Ch. Boutmy, P. David, P. Hug et Ch.-Ed. Lemoine ; — Collaborateurs : MM. G. Bastien, G. Béliard, Ed. Bullot, F. Clerc, L. Denoyelle, A.-A. Détanger, E.-E. Divary, P.-L. Duthu, E. de Gaechter, G. Grobot, A. Hugot fils et C. Malissart ; — *Médailles d'argent :* MM. L. Gasne, J. Levêque, P. Mahler et C. de Mocomble ; — Collaborateurs : MM. H. Bouchacourt, G. Hertzog et S. Pichault ; — *Médaille de bronze :* Collaborateur : M. P. Tissot.

Classe 65. — *Hors concours :* MM. A. Bricard, A. Cazaubon, A. Dufrène, J.-L.-P. Larivière, P. Millet, Muller et Roger, G. Sohier et J. Turbot ; — *Grands prix :* MM.

A. Bouchacourt et L. Pinchart-Deny; — *Médailles d'or :* MM. J.-V. Bar, E. Despas, E. Enfer, G.-A.-P. Génissieu, C. Milinaire, Piat et ses fils, E. Plichon et E. Vuillaume; — Collaborateurs : MM. E. Clère et E. Gauthier; — *Médailles d'argent :* MM. H. Alliot, E. Jonte, E. Krieg et P. Zivy; — Collaborateur : M. T.-R. Bayliss; — *Médailles de bronze :* MM. L. Royer et E. Vivez.

Classe 66. — *Hors concours :* M. A. Bricard; — *Médaille d'argent :* M. Ed. Coignet.

Classe 67. — *Hors concours :* M. M. Appert frères.

Classe 69. — *Hors concours :* M. M. Clair; — *Médaille d'argent :* Collaborateur : M. J. Le Cœur.

Classe 70. — *Hors concours :* M. M. Clair; — *Médaille d'argent :* M. J.-F. Roulleau.

Classe 71. — *Hors concours :* M. M. Clair.

Classe 72. — *Hors concours :* M. A. Morel; — *Médailles d'or :* MM. C.-E. Bourby et L. Desmarais; — *Médaille de bronze :* M. Ch. Sauvelet.

Classe 73. — *Hors concours :* MM. Appert frères et L.-E. Lemal; — *Grand prix :* M. A. Guilbert-Martin; — Collaborateur : M. J. Henrivaux; — *Médailles d'or :* Collaborateurs : MM. L. Appert et M. Appert; — *Médailles d'argent :* MM. A. Charneau, E. Derval et G. Dumas; — Collaborateur : M. M. Delastre; — *Mention honorable :* Collaborateur : M. L. Delahaye.

Classe 74. — *Hors concours :* MM. Ch. Bourdon, H. Garnier, J. et A. Niclausse, E. Nicora et J. Piet; — *Grand prix :* MM. Grouvelle et Arquembourg; — *Médailles d'or :* MM. A. Bœringer, L. Bohain, E. Chaboche, Egrot et Grangé, E. Fouché, Alexis-Godillot, Pommier et Delaporte; — Collaborateurs : MM. H. Bureaux, J.-M. Ganne, A. Lecomte et M. Vaïsse; — *Médailles d'argent :* MM. G.-F. Dorian, E. Farcot, R. Gandillot, J. Hinstin et V. Maugin; — Collaborateurs : MM. L. Canneva, V. Maubras et P. Torcret; — *Médaille de bronze :* M. P. de Singly.

Classe 75. — *Hors concours :* MM. E. Bariquand, H. Brulé, H. Carpentier, H. Deroy, J.-H. Digeon, E.-A. Lebon, H. Luchaire, P. Magnard et A. Marx; — *Grand prix* M. M. Fourchotte; — *Médaille d'or :* Collaborateur : M. Ed. Fouché; — *Médailles d'argent :* M. E. Bordier; — Collaborateur : M. A. Lecomte; — *Médailles de bronze :* MM. J. Guichard et L. Jeunet; — *Mention honorable :* Collaborateur : M. L.-V. Patouillard.

Classe 76. — *Hors concours :* MM. A. Duboul et Piat et fils; — *Médailles d'argent :* MM. C. Burgart, G.-F. Dorian et E. Mertz; — *Médailles de bronze :* MM. P.-J. Follin et F. Fouché.

Classe 77. — *Hors concours :* M. E. Buxtorf; — *Médaille d'or :* Collaborateur : M. H. Huguenot; — *Mention honorable :* M. L. Desmarais.

Classe 78. — *Hors concours :* MM. F. Dehaitre et G. Maes et fils; — *Médaille d'or :* M. G. Drin; — *Médailles d'argent :* M. M.-E. Collon et A. Fleury; — *Médaille de bronze :* M. L. Dumontant.

Classe 79. — *Grand prix :* M. J.-Ch. Diligeon; — *Médaille de bronze :* M. P. Jametel.

Classe 80. — *Grand prix :* H. Maigret; — *Médaille d'or :* MM. Esnault-Pelterie et Barbet-Massin.

Classe 81. — *Hors concours :* MM. J. Bessonneau, E. Cauvin et A. Duboul; — *Médaille d'argent :* Collaborateur : M. R. Henry-Couannier.

Classe 82. — *Hors concours :* MM. Ch. Balsan, Ch. Marteau et A. Seydoux; — *Médailles d'or :* MM. G. Reynaud et A. Walbaum.

Classe 84. — *Hors concours :* M. M. Clair; — *Grand prix :* M. H. Maigret; — *Médaille d'or :* M. J.-V. Bar.

Classe 86. — *Médaille d'argent :* M. J.-V. Bar.

Classe 87. — *Hors concours :* La Société des Ingénieurs Civils de France, MM. E. Asselin, Ch. Brigonnet, H. et E. Deutsch (de la Meurthe), Ch. Lorilleux et Ch. Prevet;

— *Grands prix :* MM. L. Desmarais, M. Fenaille et E.-L. Lefranc; — Collaborateur : M. J. Borreau; — *Médailles d'or :* MM. G. Levasseur, P.-A. Mallet, E. Rousselot, A. Savy et E. Simoneton; — *Médailles d'argent :* MM. A. Bloche, P. Doucet, F. Fouché et M. Wallois; — Collaborateur : M. A. Hugon; — *Médailles de bronze :* M. E. Vivez; — Collaborateur : M. L. Delahaye.

Classe 88. — *Hors concours :* MM. Blanchet et Kléber, E. Cauvin et F. Dehaitre; — *Grands prix :* MM. P. Darblay et L. de Naeyer; — *Médaille d'or :* MM. G. Olmer et Hesbert; — *Médailles d'argent :* MM. P. Blache, L. Baudoux-Chesnon et P. Laligant; *Mentions honorables :* MM. J.-E. Bricq et P. Jametel.

Classe 89. — *Hors concours :* MM. Domange et fils, Hillairet et Huguet, J. Le Blanc et G. Tourin; — *Grand prix :* M. E. Berendorf; — *Médaille d'or :* M. J.-L.-M. Vautier; *Médailles d'argent :* MM. F. Fouché et L. Leverd.

Classe 91. — *Médaille d'or :* Collaborateur : M. F. Journet; — *Médaille d'argent :* M. J. Digeon.

Classe 92. — *Hors concours :* M. P.-G. Maunoury; — *Grands prix :* MM. L. Chambon et L. Lefranc; — *Médaille d'or :* M. E. Lelaurin; — *Médailles d'argent :* M. H. Morin; — Collaborateur : M. P.-J.-B. Martin.

Classe 93. — *Médaille d'or :* M. R. Chéron.

Classe 96. — *Hors concours :* M. P. Garnier; — *Grands prix :* MM. Chateau, L. Henry-Lepaute, A. Henry-Lepaute et G. Dehesdin; — *Médaille d'argent :* Collaborateur : M. L. Massabiaux; — *Médaille de bronze :* M. P. Brateau.

Classe 97. — *Hors concours :* M. A. Bricard; — *Médaille d'or :* M. A.-R. Jabœuf; — *Médaille d'argent :* M. E. Guinier.

Classe 98. — *Hors concours :* M. M. Clair.

Classe 99. — *Hors concours :* MM. E. Cauvin, M. Clair, H. Falconnet et L.-A. François; — *Médailles d'or :* MM. Bapst et Hamet et Edeline; — Collaborateurs : MM. R. Bobet et G. Bouquillon.

Classe 100. — *Hors concours :* M. J. Bessonneau; — *Grand prix :* M. E. Roussel; — *Médailles d'argent :* MM. Baspt et Hamet et Bassée et Michel; — *Médaille de bronze :* M. V. Passerat.

Classe 101. — *Médailles d'or :* M. A. Chaix; — Collaborateur : M. G. Richou.

Classe 102. — *Grand prix :* M. G. Balas; — *Médaille d'or :* MM. Piat et fils; — *Médailles d'argent :* MM. L.-A. François, E.-L. Lefranc, Muller et Roger et E. Vinet.

Classe 103. — *Grand prix :* M. L. March; — *Médaille de bronze :* MM. Muller et Roger.

Classe 104. — *Médaille de bronze :* Collaborateur : M. M. Pelegry.

Classe 105. — *Hors concours :* MM. E. Gruner et J.-L.-P. Larivière; — *Médaille d'or :* M. A.-J. Despaux; — *Médailles d'argent :* MM. J.-V. Bar et G. Féolde.

Classe 106. — *Hors concours :* M. J.-L.-P. Larivière; — *Médailles d'or :* MM. E. Cacheux, Ch. Driessens, A. Gouvy, F. Hubin, Ch. Marteau et L. De Naeyer; — Collaborateurs : MM. J. Logre et E. Progneaux; — *Médailles d'argent :* MM. G. Carré et H. Maigret.

Classe 107. — *Hors concours :* M. J.-L.-P. Larivière; — *Grand prix :* Collaborateur : M. V. Mabille; — *Médaille d'argent :* M. J. Logre.

Classe 108. — *Médailles d'or :* M. Ch. Driessens; — Collaborateur : M. G. Richou; — *Médailles d'argent :* MM. Ch. Bartaumieux, Muller et Roger et D. Poulot; — Collaborateur : M. L. de Quatrefages de Bréau.

Classe 109. — *Hors concours :* MM. Blanchet et Kléber et J.-L.-P. Larivière; — *Grand prix :* Collaborateur : M. V. Mabille; — *Médailles d'or :* MM. G. Balas, H. Boulenger, Bouchacourt, A. Chaix, H. Doat, Muller et Roger, Piat et fils; — Collabora-

teur : M. E. Stein; — *Médailles d'argent :* Collaborateurs : Ch. Bartaumieux, P. Jolibois et H. Passerat; — *Médailles de bronze :* MM. J. Bessonneau, Esnault-Pelterie et Barbet-Massin et P. Magnard; — *Mentions honorables :* MM. J.-H. Digeon et E. Leclerc.

Classe 110. — *Grand prix :* Collaborateur : M. V. Mabille.

Classe 111. — *Hors concours :* MM. Appert frères, A. Cazaubon, F. Dehaitre, J.-L.-P. Larivière, J. Le Blanc et E. Trélat; — *Grands prix :* MM. P. Lequeux, Ménard Saint-Yves; — *Médaille d'or :* M. E. Beauvalet; — *Médailles d'argent :* MM. G. Carré, C. Durey-Sohy, Flicoteaux et Borne, Grouvelle et Arquembourg et J. Hinstin; — Collaborateurs : MM. M.-L.-H. Féret, Ch.-E. Garnier, Th. Guérin, Ch.-F. Marboutin J.-A. Moréal de Brévans, L. Thuillier et V. Weyer; — *Médaille de bronze :* M. Ed. Henry.

Classe 112. — *Médaille de bronze :* M. L. Benouville.

Classe 113. — *Hors concours :* MM. L. d'Anthonay et J.-L.-P. Larivière; — *Médaille d'argent :* M. J.-M. Bel.

Classe 114. — *Hors concours :* MM. E. Candlot et E. Cauvin; — *Grand prix :* MM. Daydée et Pillé; — *Médailles d'or :* MM. P. Arrault, D. Levat, E. Lippmann et A. Schmid; — Collaborateurs : MM. Eug. Lippmann, A. Perregaux et G. Petit; — *Médailles d'argent :* MM. J.-M. Bel, C.-E. Bourry, G. Carré et P. de Singly; — *Mention honorable :* M. L. Royer.

Classe 115. — *Hors concours :* M. M. Clair; — *Grand prix :* MM. L. Henry-Lepaute, A. Henry-Lepaute et G. Dehesdin et M. Ménard Saint-Yves; — *Médaille d'or :* M. J.-V. Bar; — *Médaille de bronze :* M. H. Sauvinet.

Classe 116. — *Hors concours :* MM. H. Garnier, P.-E. Magnard et D.-J. Poulot; — *Grand prix :* M. G. Canet; — *Médailles d'or :* MM. A. de Dion, G. Guillemin et F. Hubin; — Collaborateurs : MM. Ch. d'Albert et H. Marchais; — *Médailles d'argent :* MM. Bouchacourt, G. Charvet, Elwell et Seyrig, J. Guichard et A. Normand; — Collaborateurs : M. G. Richard; — *Médailles dé bronze :* M. P.-A. Duval; — Collaborateur : M. P. Bermond.

Classe 117. — *Hors concours :* MM. A. Bochet, H. Brulé, E.-L. Javaux et Sautter et Harlé; — *Médailles d'or :* MM. R. Arnoux et Decout-Lacour; — *Médaille d'argent :* Collaborateur : M. J. Flocon.

Classe 118. — *Hors concours :* MM. L. Delaunay-Belleville, H. Garnier, P. Larivière, Muller et Roger et J. et A. Niclausse; — *Grands prix :* MM. G.-J. Chaligny, Daydé et Pillé, H.-J. et G. Hersent, Sautter et Harlé et Thirion et fils; — Collaborateur : M. J.-E. Boulogne; — *Médailles d'or :* MM. Elwell et Seyrig, P.-P. Gleize, Grouvelle et Arquembourg, J. Guichard et G. Guillemin; — Collaborateurs : MM. F. Barade, G. Dehenne et H. Hubac; — *Médailles d'argent :* MM. Chateau, E. Decout-Lacour, M. Dibos, A.-P. Duval et A. Lavezzari; — Collaborateurs : MM. G. Bailleux, H.-E. Bourgeois, H. Degermann et H. Marchais; — *Médailles de bronze :* M. A. Janet.

Classe 119. — *Grand prix :* M. J. Richard; — *Médaille d'argent :* M. H. Morin.

Classe 120. — *Hors concours :* M. E. Cauvin; — *Médailles d'argent :* MM. A.-A. Béthouart et C. Durey-Sohy.

Classe 121. — *Hors concours :* M. P. Lequeux; — *Médaille d'or :* M. G. Carré.

III

COMMISSARIATS ÉTRANGERS

PRÈS L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Belgique. — MM. L. de Naeyer, et L. de Somzée, *Vice-Présidents de la Commission supérieure de Patronage ;* M. G. de Somzée, *Secrétaire du Commissariat général.*

États-Unis. — M. G. Nagelmackers, *Membre du Conseil consultati du Commissariat général.*

Italie. — M. E. Philipson, *Commissaire.*

Grand-Duché de Luxembourg. — M. T. Dutreux, *Commissaire général ;* M. A. Dutreux, *Commissaire adjoint.*

Mexique. — M. R. Fernandez, *adjoint au Commissaire général.*

Pays-Bas. — M. J. Conrad, *délégué aux groupes IV, V, VI et XI* (mécanique, électricité, génie civil, transports, mines, etc.) ; M. J. W. Yzerman, *délégué au groupe XVII* (colonisation).

Russie. — M. d'Abramson, *délégué de l'Administration des Chemins de fer de Russie.*

République Sud-Africaine. — M. J. Pierson, *délégué;* M. J.-G. Bousquet, *chargé de l'installation et du fonctionnement de l'Exposition minière du Trocadéro.*

IV

CONGRÈS INTERNATIONAUX DE 1900

COMMISSION SUPÉRIEURE DES CONGRÈS DE L'EXPOSITION DE 1900

MM. le Colonel A. Laussedat (M. H.) et A. Loreau, *Membres ;* M. L. de Chasseloup-Laubat, *Rapporteur général de la Commission ;* M. H. Delaunay, *Secrétaire de la Commission.*

COMITÉS SPÉCIAUX CHARGÉS DE L'ÉTUDE DES QUESTIONS RELATIVES **aux demandes et à l'organisation des Congrès internationaux de 1900.**

Section I : Éducation et Enseignement. — M. le colonel A. Laussedat (M. H.), *Vice-Président ;* MM. P. Buquet, Ch. Driessens, Duvignau de Lanneau, J. Dybowski, P. Jacquemart, J. Manès, J. Mesureur, J. Pillet.

Section II : Beaux-Arts, Arts décoratifs, Belles-Lettres, Art dramatique, Histoire, Archéologie. — MM. G. Berger (M. H.), H.-Ch. Bouilhet, F. Delmas.

Section III : Sciences mathématiques (mathématique, astronomie, géodésie), M. Paul Garnier.

Section IV : Sciences physiques et chimiques et leurs applications (physique, chimie, météorologie, industries physiques et chimiques). — MM. M. Berthelot (M. H.), E. Boire, H. Bouilhet, H. Fontaine, J. Grouvelle, A. Hillairet, P. Janssen (M. H.), S. Jordan, P. Krémer, G. Maës, L. Périssé, A. Poirrier, H. Vivarez et Ch. Weyher.

Section V : Sciences naturelles (géologie, minéralogie, botanique, zoologie, anatomie, physiologie, anthropologie). — M. H. Couriot.

Section VII : Mécanique appliquée, Génie civil et maritime, Moyens de transport. — M. A. Loreau, *Vice-Président.* MM. L. Baclé, E. Bariquand, Ch. Baudry, A. Bethouart, M. Bixio, L. Boudenoot, F. Bougarel, Ed. Bourdon, H. Bouruet-Aubertot, G. Broca, Ch. Compère, M. Cottenet, L. Couvreur, H. Desmons, comte A. de Dion, A. Dufrène, L. Francq, H. Garnier, J. Gouin, A. Guillotin, E. Guyot-Sionnest, A. Huguet, J. Le Blanc, Ed. Lippmann, H. Menier, A. Moreau, M. de Nansouty, Ch. Ouachée, A. Peugeot, F. Reymond, A. Rouart, Ch.-J. Sauvelet, G. Sohier, G. Thomas.

Section VIII : Sciences agricoles. — MM. A. Bajac, E. Egrot, A. Lainey, E. Lavalard, G. Lefebvre-Albaret, A. Moisant.

Section IX : Économie politique, Législation, Statistique. — M. H. Josse.

Section X : Sciences sociales. — MM. H. Constantin, E. Gruner, F. Mangini, S. Périssé, E. Trélat, Th. Villard.

Section XI : Colonisation et Sciences géographiques. — MM. E. Anthoine, A. Nançon, A. de Traz, J. Vallot.

Section XII : Industrie et Commerce en général. — MM. E. Agache, L. Appert, Ch. Balsan, G. Denis, J. Japy, A. Liébaut, E. Péreire, A. Petitjean, Ch. Prevet, X. Rogé, A. Seydoux.

COMMISSIONS D'ORGANISATION

Congrès International :

— *des Accidents du travail et des Assurances sociales*, du 25 au 30 juin : M. E. Gruner, *Secrétaire général-Trésorier;* MM. Ch. Arquembourg, J. de Corne, F. Dujardin-Beaumetz, A. Liébaut, S. Périssé, H. Pinget, H. Portevin et F. Reymond, *Membres.*

— *des Actuaires*, du 25 au 30 juin : M. G. Fouret, *Membre.*

— *d'Aéronautique*, du 25 au 30 juin : M. P. Janssen (M. H.), *Président;* MM. A. Arson et E. Surcouf, *Membres.*

— *de l'Alimentation rationnelle du bétail*, du 21 au 23 juin : MM. E. Lavalard et Ménard-Saint-Yves, *Membres.*

— *de l'Alpinisme*, du 12 au 14 août : MM. P. Janssen (M. H.) et J. Vallot, *Membres.*

— *d'Anthropologie et d'Archéologie préhistoriques*, du 20 au 25 août : M. M. Berthelot (M. H.), *Membre.*

— *d'Appareils à vapeur (de surveillance et de sécurité en matière)*, du 16 au 18 juillet : M. Ed. Bourdon, *Vice-Président;* M. Ch. Compère, *Secrétaire général;* MM. G.-P. Bastien, F. Bougarel, J. Grouvelle, A. Liébaut, E. Maire, L. Parent, F.-E. Schmidt et J. Werth, *Membres.*

— *d'Aquiculture et de Pêche*, du 14 au 19 septembre : M. E. Cacheux, *Vice-Président;* M. J. Pérard, *Secrétaire général;* MM. A. de Dax et E. Delamarre-Deboutteville, *Membres.*

— *des Architectes*, du 30 juillet au 4 août : M. Ch. Lucas, *Vice-Président;* M. Ch. Bartaumieux, *Trésorier;* M. Émile Trélat, *Membre.*

Congrès International :

— *d'Architecture et de Constructions navales*, du 19 au 21 juillet : M. A. NORMAND, *Vice-Président;* M. A. BORJA DE MOZOTA, *Trésorier;* M. L. TURGAN, *Secrétaire:* M. E.-A. PÉRIGNON, *Membre.*

— *de l'art théâtral*, M. H. BUNEL.

— *de l'Automobilisme*, le 9 juillet : MM. le comte A. DE DION, G. FORESTIER (M. H.), *Vice-Présidents;* M. le comte G. DE CHASSELOUP-LAUBAT, *Secrétaire général;* M. G. COLLIN, *Secrétaire;* MM. E. HOSPITALIER, CH. JEANTAUD, L. LEMOINE, A. MICHELIN, A. PEUGEOT, S. POZZY, comte E. RÉCOPÉ, E. SARTIAUX et R. VARENNES, *Membres.*

— *des Chemins de fer*, du 20 au 29 septembre : MM. A. PICARD (M. H.) et J. URBAN, *Vice-Présidents;* MM. A. PICARD (M. H.) et N.-P. PETROW (M. H.), *Membres permanents;* M. V. HERZENSTEIN, *Rapporteur;* MM. E. DE BOISCHEVALIER, L. BORDET, L. BOUDENOOT, T. DUTREUX, G. FORESTIER (M. H.), E. LEVEL, baron PRISSE, *Membres.*

— *de Chimie*, du 6 au 11 août : M. M. BERTHELOT (H. M.), *Président.*

— *de Chimie appliquée*, du 23 au 31 juillet : M. M. BERTHELOT (M. H.), *Président d'honneur;* MM. J. BOCQUIN et Ch. GALLOIS, *Membres.*

— *Colonial*, du 6 au 11 août : MM. E. CHABRIER et E. MERCET, *Membres.*

— *du Commerce et de l'Industrie*, du 23 au 28 juillet : M. le colonel A. LAUSSEDAT (M. H.), *Vice-Président;* M. A. GRELLEY, *Secrétaire.*

— *des Écoles supérieures de Commerce (des Associations des anciens élèves)* du 19 au 21 juillet : M. M. EISSEN-PIAT, *Secrétaire;* M. J. MANÈS, *Membre.*

— *d'Électricité*, du 18 au 25 août : M. H. FONTAINE, *Vice-Président;* M. E. SARTIAUX, *Secrétaire;* M. L. VIOLET, *Trésorier;* MM. G. BERGER (M. H.), J. CARPENTIER, X. GOSSELIN, A. HILLAIRET, E. HOSPITALIER, R. MAZEN, D. MONNIER, R.-V. PICOU, A. POSTEL-VINAY et H. VIVAREZ, *Membres.*

— *de l'Enseignement du dessin*, du 29 août au 1er septembre. — 1re Section : M. J.-J. PILLET, *Président;* — 2e Section : M. P. JACQUEMART, *Président:* M. J.-F. PILLET, *Secrétaire;* M. A.-L. CORDEAU, *Membre.*

— *de l'Enseignement des langues vivantes*, du 24 au 29 juillet : M. L. COUVREUR, *Vice-Président.*

— *de l'Enseignement technique*, du 6 au 11 août : M. le colonel A. LAUSSEDAT (M. H.), *Vice-Président;* MM. P. BUQUET, H. COURIOT, F. DELMAS, L. DUVIGNAU DE LANNEAU, A. GRELLEY, P. JACQUEMART, J. MANÈS, A. NEVEU et J. MESUREUR, *Membres.*

— *d'Essai des matériaux (des méthodes)*, du 9 au 16 juillet : MM. J. BARBA et E. POLONCEAU, *Vice-Présidents;* M. E. CANDLOT, *Trésorier;* MM. L. BACLÉ et V. HERZENSTEIN, *Secrétaires;* M. V. HERZENSTEIN, *Rapporteur;* MM. P. BODIN, L. DURANT, Ch. FREMONT, A. OLLIVIER, F. OSMOND, J.-J. PILLET, A. POURCEL et E. SCHNEIDER, *Membres;* M. V. HERZENSTEIN, *Membre correspondant.*

— *du Gaz (de l'industrie)*, du 3 au 5 septembre : M. A. LEBON, *Vice-Président;* MM. A. BOUVIER, J. THIBAUDET, *Secrétaires;* M. J. DELEURY, *Trésorier;* M. F. VILLENEUVE, *Secrétaire-Archiviste;* MM. F. ALAVOINE, E. CORNUAULT, A. COZE, A. ELLISSEN, Ch. FOUCART, P. GIGOT, E. LEBON, E. LECLERC, A. LENCAUCHEZ et P. MALLET, *Membres.*

— *de Géographie économique et commerciale*, du 27 au 31 août : M. E. ANTHOINE, *Vice-Président.*

— *Géologique*, du 16 au 28 août : MM. J. BERGERON et H. FAYOL, *Membres.*

— *des Habitations à bon marché*, du 18 au 21 juin : MM. E. CACHEUX, A. GUILLOTIN, A. LALANCE, Ch. LUCAS, F. MANGINI et E. TRÉLAT, *Membres.*

— *d'Horticulture*, du 25 au 27 mai : M. G. BERGEROT, *Membre.*

— *d'Hygiène*, du 10 au 17 août : M. H. BUNEL.

— *des Mathématiciens*, du 6 au 11 août : M. G. FOURET, *Membre.*

Congrès International :

— *de Mécanique appliquée*, du 19 au 25 juillet : M. A. Loreau, *Vice-Président;* MM. Ch. Boyer-Guillon, Ch. Compère, L. Masson et G. Richard, *Secrétaires;* MM. E. Badois, L.-A. Barbet, E. Bariquand, Ch. Baudry, Ch. Bourdon, Ed. Bourdon, A. Brüll, G. Canet, E. Diligeon, comte A. de Dion, G. Forestier (M. H.), F. Kreutzberger, J. Le Blanc, A. Liébaut, A. Mallet, S. Périssé, A. Peugeot, E. Polonceau, E. Simon, R. Soreau et G. Tresca, *Membres.*

— *de Météorologie*, MM. P. Janssen (M. H.) et J.-M.-H. Vallot, *Membres.*

— *des Mines et de la Métallurgie*, du 18 au 23 juin : M. H. Fayol, *Vice-Président;* M. E. Gruner, *Secrétaire général;* MM. J. Bergeron et G. Bresson, *Secrétaires;* MM. H. Boucheron, A. Brüll, P. Buquet, H. Couriot, F. Dujardin-Beaumetz, X. Rogé, E. Schneider et de Wendel, *Membres.*

— *de la Navigation*, du 28 juillet au 3 août : MM. L. Couvreur et L. Molinos, *Vice-Présidents;* M. A. de Bovet, *Secrétaire;* MM. E. Gruner, H. Hersent, A. Lainey, G. Maës, A. Moisant et E. Pontzen, *Membres.*

— *du Numérotage des fils des textiles (pour l'unification)*, M. P. Fleury, *Secrétaire;* MM. E. Agache, A. Imbs, Ch. Marteau et E. Simon, *Membres.*

— *de la Participation aux bénéfices*, du 15 au 18 juillet : MM. G. Balas, A. Lalance et A. Piat, *Membres.*

— *du Pétrole*, du 16 au 28 août : M. Ed. Lippmann, *Président;* MM. Blazy, H. Deutsch (de la Meurthe), Hugon et G. Lesueur.

— *de Photographie*, du 23 au 28 juillet : M. P. Janssen (M. H.), *Président;* MM. J. Carpentier, L. Gaumont, A. Taillefer et J. Vallot, *Membres.*

— *de Physique*, du 6 au 11 août : M. R. Benoit, *Membre.*

— *de la Propriété foncière*, du 11 au 13 juin : M. L. Boudenoot, *Président.*

— *de la Propriété industrielle*, du 23 au 28 juillet : MM. G. Dumont, J.-G. Fayollet, G. Menier, A. Poirrier et Ch. Thirion, *Vice-Présidents;* MM. E. Bert, H. Josse et A. Taillefer, *Secrétaires;* MM. Ch. Armengaud aîné, J. Armengaud jeune, J. Bonnet, Ed. Bourdon, J. Carpentier, D.-A. Casalonga, H. Fontaine, J. Mesureur, P. Gassaud, F. Honoré, P. Horsin-Déon, A. Loreau, J. Maunoury, Ch. Mardelet, S. Périssé et E. Pichot, *Membres.*

— *de la Réglementation douanière*, du 30 juillet au 4 août : M. Ch. Prevet, *Président;* M. G. Berger (M. H.), *Membre.*

— *de Sauvetage et des premiers secours*, du 17 au 23 juillet : M. E. Cacheux, *Vice-Président;* MM. E. Aimond, H. Mamy et J. Pérard, *Membres.*

— *de Sociologie coloniale*, du 30 juillet au 4 août : MM. E. Anthoine et E. Mercet, *Membres.*

— *de Stations agronomiques (des Directeurs)*, du 18 au 20 juin : M. A. Ronna, *Membre.*

— *de Silviculture*, du 4 au 7 juin : MM. E. Cacheux, Paul Charpentier et J. Pérard, *Membres.*

— *des Tramways*, du 10 au 13 septembre : M. P. Garcia Faria, *Vice-Président d'honneur;* MM. G. Broca, E. Lavalard et E.-A. Ziffer, *Membres.*

— *des Valeurs mobilières*, du 4 au 7 juin : M. E. Mercet, *Vice-Président;* M. J. Fleury, *Membre.*

— *de Viticulture*, du 20 au 23 juin : M. Ch. Dollfus-Galline, *Membre.*

V

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

I. — DÉCORATIONS FRANÇAISES

Grand-Croix de la Légion d'honneur : M. A. Picard (M. H.).

Grands-Officiers de la Légion d'honneur : MM. L. Delaunay-Belleville et le colonel A. Laussedat (M. H.).

Commandeurs de la Légion d'honneur : MM. E. Barbquand, N. Belelubsky (M. H.), H. Daydé, H. Menier, A. Moisant et J. Rueff.

Officiers de la Légion d'honneur : MM. P. Arbel, E. Asselin, A. Bajac, L.-C.-E. Baudet, Ch.-H. Baudry, H.-A. Beau, A. Bethouart, E. Boire, Ch.-A. Bourdon, F.-E. Bourdon, H.-A. Brustlein, H. Bunel, E. Coignet, F. Dehaitre, A. Duboul, A.-A.. Dufrène, J.-A. Dupont, N. Duval-Pihet, A. Egrot, E. Firminhac, L.-E. Franco, B.-E.-P. Garnier, L.-H.-A. Garnier, E. Gruner, C. Guyenet, J. Henrivaux, R.-J. Hermant, A. Huguet, A. Lainey, E.-L.-E. Laurent, J. Le Blanc, E.-A. Lebon, L.-A. Lemoine, V. Mabille, L. Magne, A.-J.-N. Morel, M. de Nansouty, R.-V. Picou, E.-A. Postel-Vinay, D.-J. Poulot, G.-L. Raulin, L.-A.-M. Salomon, H.-E. Sartiaux et G.-E. Sohier.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. L. d'Anthonay, E.-H. Arquembourg, E.-D. Avisse, G. Bahr, E.-A. Barbet, E.-J. Barbier, H.-L.-M.-J. Benard, P.-J.-J. Bergeron, G.-Ch. Binot de Villiers, G. Blum, A. Bochet, L. Bordet, E.-G. Bouillard, H. Bouruet-Aubertot, H.-E. Boyer, H. Brulé, L. Caen, C. Cavallier, A.-J.-F. Cazaubon, J.-L.-F. Chagnaud, G. de Chasseloup-Laubat, E. Clémançon, Ch. Compère, F. Cornesse, M. Cottenet, M.-G. Dehesdin, J.-H. Delaunay, F. Delmas, L. Denis de Lagarde, L. Desmarais, E. Deutsch (de la Meurthe), P. Dorel, Ch. Driessens, Ch.-A. Driout, L.-A. Drouin, M. Duplaix, L. Durassier, L. Duvignau de Lanneau, G.-P. Eude, L. Eyrolles, P. Farcot, P.-M. Faucquier, R. Fernandez, P.-A. Fleury, L.-A. François, R. Godfernaux, G.-A. Grangé, J. Grosselin, E. Halphen, J. Haour, E.-H.-A. Hospitalier, Ch.-E. Jung, P. Jametel, Ch. Janet, E. Javaux, Ch. Jeantaud, H. Josse, Ch. Kessler, A. Labussière, J. Laffargue, A. Lalance, Ed. Lambert, P. Larivière, P.-A. Laurent, M. Leblanc, P. Lequeux, P.-O. Lévy-Salvador, J. Logre, P. Lombard-Gérin, A.-L.-F. Lotz, A. Loutreuil, F. Manaut, L. Maris, A.-V. Marsaux, Ch. Marteau, A.-A. Marx, P.-V. Masson, E. Mertz, E. Meunier, M. Michel-Schmidt, M. Michon, L.-J. Miguet, Ch. de Mocomble, G. Olmer, G. Petit, J. Piet, L. Pinchart-Deny, A. Poidatz, H. Rabinel, J.-F. Raclet, J.-V. Ragot, G. Reynaud, C. Rodrigues-Ely, G.-A.-P. Roger, J. Roussel, L. Rueff, H.-A. Schmid, L. Serpollet, A. Seydoux, Ed. Simon, A.-E. Simon, E.-A. Simoneton, E. Taragonet, J. Teisset, A.-L. de Traz, J.-L.-M. Turbot, H. Vallot, E. Vedovelli, G. Vésier et A.-L. Violet.

Officiers de l'Instruction publique : MM. D. Augé, F.-Ch. Baudry, G.-J. Bolle-Besson, E.-J. Coutelier, V. Damoizeau, P. Gassaud, Moréal de Brévans, Ch. Nizet, G. Richard et A. Schœller.

Officiers d'Académie : MM. J.-E.-C. Barberot, M. Baudon, J. Beloin, P. Bordé, E. Cartier, H. Dufresne, P. Fleury, R. Gandillot, A. Huc, P. Lorphelin, F. Manaut. J.-A. Meyer-May, P. Pierrel, A. Raux et V. Weyer.

Commandeur du Mérite Agricole : M. A. Ronna.

Officiers du Mérite Agricole : MM. E. Asselin, A. Bajac, J. Biès-Albert, Ch. Bourdon, H. Haguet, J. Hignette, E. Lavalard, Ch. Prevet, J. Prevet, J. Rueff et A.-L. Simon.

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. V. Amilhau, J.-B.-L. Aurientis, E. Beaupré, H. Besnard, L. Bodard, E. Cartier, M. Douane, F.-J. Guillon, G. Laussedat, G.-C. Lévi, C. Mullet, A. Ollivier, J. Pérard, Picard-Méry et R. Wallut.

II. — DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Grand-Croix du Mérite Militaire d'Espagne : M. J. Suss ; — *Grand-Officier de Léopold de Belgique* : M. J.-C. Urban ; — *Commandeur de la Conception de Villa Viciosa* : M. Guilbert-Martin ; — *Commandeurs d'Isabelle la Catholique* : MM. H. Haguet et P. Machavoine ; — *Commandeur du Dragon d'Annam* : M. Doat ; — *Commandeurs du Christ du Portugal* : MM. Bénet et Favarger ; — *Commandeur de l'Ordre Impérial de l'Osmanieh* : M. A. Chélu-Bey ; — *Commandeur de la Couronne de Roumanie* : M. E. Ziffer ; — *Commandeur du Lion et du Soleil de Perse* : M. Ch. Bourdon ; — *Officier du Lion et du Soleil de Perse* : M. L. Serpollet ; — *Officier de Léopold de Belgique* : M. V. Sepulchre ; — *Officier de l'Aigle-Rouge d'Allemagne* : M. Ch. Bourdon ; — *Officier de l'ordre du Nichan-el-Aouar* : M. P. Regnard ; — *Chevalier de la Couronne d'Italie* : M. L. Delloye ; — *Chevalier de Saint-Maurice et Lazare* : M. Cousin ; — *Chevalier du Christ de Portugal* : M. Michel-Schmidt ; — *Chevalier du Kim Khanh* : M. Michel-Schmidt.

VI

PRIX, RÉCOMPENSES, NOMINATIONS

I. — PRIX ET RÉCOMPENSES

Prix Annuel de la Société (1900) décerné à M. F. Brard, pour son *Étude sur les pertes de l'Avre et de ses affluents.*

Prix Nozo (Triennal), décerné à M. R. Soreau, pour l'ensemble de ses travaux et notamment pour son mémoire sur *La navigation aérienne.*

Médaille d'or Bessemer pour 1900, décernée à M. H. de Wendel, par l'Iron and Steel Institute.

Prix de 250 *f* décerné à M. Ad. Bouvier, en 1899, par la Société Technique de l'Industrie du gaz.

II. — NOMINATIONS

Ont été nommés :

M. E. Sartiaux, Membre du Conseil d'Administration de l'Office national du Commerce extérieur. — MM. F. Reymond, J. Mesureur et E. Pontzen, Membres du Comité technique des Chemins de fer pour 1900 et 1901. — MM. E. Cacheux, H. Couriot, J. Fleury et E. Pontzen, Membres du Comité des Travaux publics des Colonies. — M. A. Egrot, Membre de la Commission chargée de rechercher les divers emplois des alcools dénaturés. — MM. L. Boudenoot et Denis Poulot, Membres de la Commission chargée de préparer la répartition, pendant l'année 1900, du crédit ouvert pour encouragements aux Associations ouvrières de production ou de crédit. — M. L. March, Secrétaire du Comité permanent supérieur de statistique. — M. A. d'Abramson, représentant de l'Administration des Chemins de fer de l'Empire de Russie à l'Exposition universelle de 1900. — M. Berthelot (M. H.), Président, et MM. Dumont, Picou, E. Sartiaux, Bochet et Mazen, Membres de la Commission en vue de l'étude des différentes questions que soulève l'application de la traction électrique aux grands réseaux de Chemins de fer en exploitation. — M. Clermont, Administr. du ch. de fer de Chimay, anc. Présid. de

l'Association des Ing. sortis des Écoles spéciales de Gand; M. Dragu, Inspecteur général, chef du Service du matériel au Chemin de fer de l'État roumain; M. L. Salazar, chef de Section au Ministère des travaux publics du Mexique, Membres correspondants de la Société. — M. P. Regnard, Membre du Comité en remplacement de M. Pérignon, décédé. — M. Léon Appert, Membre du Conseil Supérieur du Travail. — MM. Delmas, F. Hamet, E. Lelaurin, F. Manaut, G. Martine et A. Pluvier, Conseillers du Commerce extérieur. — M. le Président de la Société et MM. Reymond, Delaunay-Belleville et A. Liébaut, Membres du Conseil d'Administration du Conservatoire des Arts et Métiers. — M. le Colonel A. Laussedat (M. H.), Président; M. G. Berger (M. H.), Vice-Président; MM. Delaunay-Belleville, A. Liébaut, Poirrier, Berger (M. H.), Buquet, Couriot, Jacquemart, Mesureur et E. Trélat, Membres du Conseil de perfectionnement du Conservatoire des Arts et Métiers. — M. Moisant, Président de la Chambre de Commerce de Paris; — MM. A.-E. Millet, L. Rey, R. Seguela, Membres de la Commission pour l'évaluation du matériel roulant, du mobilier et de l'outillage des réseaux de l'Ouest, de l'Orléans et du Midi, en vue du rachat éventuel de ces réseaux par l'État. — M. le Colonel Laussedat (M. H.), Directeur honoraire du Conservatoire des Arts et Métiers. — M. Léon Masson, Directeur du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines au Conservatoire des Arts et Métiers. — M. G. Canet, Président de la Société, Membre honoraire de l'Institution of Junior Engineers. — M. G. Canet, Président de la Société, Membre honoraire de l'Iron and Steel Institute. — M. G. Canet, Président de la Société, Membre honoraire de l'American Society of Mechanical Engineers.

VII

CONFÉRENCES-VISITES

ORGANISÉES

PENDANT LES MOIS DE JUIN, JUILLET ET OCTOBRE 1900

DATES, SUJETS ET NOMS DES CONFÉRENCIERS.

Vendredi 8 juin. — *Architecture coloniale; Exposition du Transvaal :* MM. de Nansouty, Da Cunha et J. Bousquet.

A l'issue de cette conférence, les Membres de la Société se sont rendus, sur la demande qui en avait été faite à la Compagnie Internationale des Wagons-Lits, qui nous a consenti des réductions toutes spéciales à son Exposition du Trocadéro.

Le déjeuner, qui a réuni cent six de nos Collègues, a eu lieu dans les wagons-restaurants de la Compagnie, d'où l'on a pu assister au déroulement du panorama transsibérien.

Mardi 12 juin. — *L'Exposition minière du Trocadéro :* M. H. Couriot.

Samedi 16 juin. — *La Sidérurgie :* MM. L. Baclé, J. Euverte et H. Pinget.

Mardi 19 juin. — *Habitations à bon marché; Économie sociale; Accidents du travail :* MM. E. Cacheux, E. Bert, A. Mamy et G. Féolde.

Première visite de la plate-forme mobile, du chemin de fer électrique et des installations diverses organisées à l'Exposition de 1900, par la Compagnie des Transports électriques de l'Exposition. Cette visite a eu lieu sur la gracieuse invitation qui nous avait été adressée par notre Collègue, M. E. Bernheim, au nom de ladite Compagnie.

Jeudi 21 juin. — *L'Architecture à l'Exposition :* MM. G. Courtois, L. Louisse et A. Da Cunha.

Samedi 23 juin. — *Travaux maritimes :* MM. L. Coiseau et Edmond Henry.

Mardi 26 juin. — *Automobiles et Moteurs :* MM. G. de Chasseloup-Laubat, M. de Nansouty, E. Maglin et L. Périssé (Vincennes).

Mercredi 27 juin. — *Tramways et Cycles :* MM. R. Godfernaux, E. Maglin et L. Périssé (Vincennes).

Jeudi 28 juin. — *Industries de l'Éclairage (autres que l'électricité) :* M. E. Hubou.

Vendredi 29 juin. — *Cycles automobiles et Tramways :* MM. G. de Chasseloup-Laubat et L. Périssé.

Mardi 3 juillet. — *Visite à la Section de Photographie; Visite du Ballon-Cinéorama,* dont M. Sanson a expliqué le fonctionnement. Projections du Panorama Cinématographique; *Visite au Maréorama* (explication du mécanisme et déroulement du Panorama devant les Membres de la Société).

Le déjeuner, qui a eu lieu sur la terrasse du Maréorama, a réuni cent dix-huit de nos Collègues.

Deuxième visite de la plate-forme mobile, du chemin de fer électrique et des installations diverses organisées à l'Exposition de 1900, par la Compagnie des Transports électriques de l'Exposition.

Jeudi 5 juillet. — *Les Mines des Sections étrangères :* M. A. Brüll.

Samedi 7 juillet. — *Chaudières et Machines à vapeur :* MM. S. Périssé, Ch. Bourdon et Ch. Compère.

Mardi 10 juillet (suite du jeudi 21 juin). — *L'Architecture à l'Exposition (Champ-de-Mars, Palais du Génie civil et des Moyens de transport) :* MM. Da Cunha, L. Louisse et G. Courtois.

Les Membres de la Société ont été reçus à la gare des Invalides par M. Clérault, Ingénieur en chef du Matériel du Chemin de fer de l'Ouest, qui a expliqué le *fonctionnement et les appareils du nouveau Chemin de fer électrique des Invalides au Champ-de-Mars.*

Train spécial conduisant la Société à la gare du Champ-de-Mars ; *Visite aux nouveaux ascenseurs de la Tour Eiffel et aux appareils de distribution de force; Ascension à la Tour.* Déjeuner au restaurant Russe du 1er étage de la Tour Eiffel qui a réuni une centaine de nos Collègues.

Mardi 17 juillet. — *Groupes électrogènes :* M. H. Lecler.

Jeudi 19 juillet. — *Traction électrique :* M. E. de Marchena (Vincennes).

Lundi 23 juillet. — La Compagnie générale des Eaux a bien voulu nous inviter, par l'entremise de M. Pettit, Membre de notre Comité, à visiter l'usine d'épuration qu'elle a installée à Choisy-le-Roi. Cette visite, fort intéressante, a été suivie par une centaine de nos Collègues.

Mardi 24 juillet. — *Matériel et Procédés des Industries agricoles :* MM. Lambert, H. Chevalier, G. Féolde et A. Égrot.

Cette conférence-visite a été complétée par :

1° Une *visite au Palais des Illusions* (examen du jeu des glaces et de l'éclairage, etc.), sous la direction de M. Hénard, architecte de ce Palais;

2° *Visite au Village Suisse* (examen de la disposition des charpentes et dispositions diverses, relief de la Jungfrau, etc.).

3° Déjeuner au grand restaurant du Village suisse qui a réuni cent trente-huit de nos Collègues.

Jeudi 26 juillet. — *Appareillage et Éclairage électriques :* MM. V. Langlois et G. Baignères.

Mardi 31 juillet. — *Transports et Transmissions électriques :* M. A. Bochet.

Lundi 1er octobre. — *Moteurs autres que ceux à vapeur :* M. G. Leroux (Vincennes).

Mercredi 3 octobre. — *La Verrerie :* M. Ch. Legras.

Samedi 6 octobre. — *Métaux autres que le fer ; Électrométallurgie :* M. P. Jannettaz.

Lundi 8 octobre. — *Moteurs à vapeur; Autres Moteurs* : MM. P. ARRACHART et G. LEROUX.

Mercredi 10 octobre. — *Automobiles* : MM. G. DE CHASSELOUP-LAUBAT et L. PÉRISSÉ (Vincennes).

Vendredi 12 octobre. — *Le Matériel roulant des chemins de fer* : M. GALITZOWSKI (Vincennes).

Lundi 15 octobre. — *Les Artilleries étrangères* : M. G. CANET.

Mercredi 17 octobre. — *La Sidérurgie* : MM. J. EUVERTE et L. BACLÉ.

Lundi 22 octobre. — *Les Marines de guerre étrangères* : M. le commandant SAVIN.

Mercredi 24 octobre. — *Les Locomotives étrangères* : M. A. MALLET (Vincennes).

Vendredi 26 octobre. — *Les Chemins de fer russes* : M. A. D'ABRAMSON.

Lundi 29 octobre. — *Les Grands Paquebots* : M. E. DUCHESNE.

Mardi 30 octobre. — *Les Armes de chasse françaises et étrangères* : M. ROMAIN.

VIII

MÉMOIRES INSÉRÉS AU BULLETIN
COMMUNICATIONS FAITES EN SÉANCES
ET
MÉMOIRES DÉPOSÉS
PENDANT L'ANNÉE 1900

NOTE ANALYTIQUE

Ire SECTION

Travaux publics, Chemins de fer, Navigation, etc.

Fabrication et emploi de la céramique pour l'établissement et la décoration des édifices, par M. R. DE BLOTTEFIÈRE.

L'auteur passe rapidement en revue la monographie des industries céramiques afférentes aux bâtiments. Il les divise en :

1° Briques diverses; 2° Tuiles; 3° Hourdis; 4° Terres cuites et grès; 5° Carreaux de dallage et carreaux de revêtement.

Il donne des détails sur la fabrication et le mode de cuisson applicables à chaque procédé, et termine par une description des différents genres de décors employés dans les carreaux céramiques.

(*Bulletin de novembre*, page 562.)

Les forces motrices du Haut-Rhône français, par M. F. BONNEFOND.

Dans ce mémoire, l'auteur examine différents projets d'utilisation des forces motrices du Haut-Rhône et connus sous les noms de : projet de Malpertuis, projet de la Boucle du Rhône et du Pont de Grésin.

Il montre, en terminant, l'utilité qu'il y aurait de faire, le plus tôt possible, l'exécution de l'un de ces trois projets.

(*Bulletin d'août*, page 240.)

Dans la séance du 7 *décembre*, M. Ch. BOURDON a fait une communication sur les *Installations générales du service mécanique de l'Exposition*. Cette communication fort importante était divisée en douze chapitres correspondant aux différents travaux qu'eut à exécuter le service dont il était l'Ingénieur en chef.

Ce mémoire, qui nous a été remis, paraîtra dans l'un des premiers Bulletins de 1901.

(*Séance du 7 décembre*, page 663.)

Les forces motrices du Haut-Rhône français, par M. CARBONEL.

Cette note complète les renseignements donnés sur le même sujet, par M. F. Bonnefond, dans le Bulletin d'août; elle rappelle en même temps les noms des précurseurs de l'utilisation de ces forces motrices et rectifie quelques-uns des points de la note précédente

(*Bulletin de novembre*, page 691.)

L'évolution de la construction des navires de combat, par M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT.

Dans ce mémoire, accompagné de nombreuses figures, l'auteur examine les trois époques ou périodes dans lesquelles peut être classée, selon lui, l'évolution subie par la construction des navires cuirassés depuis leur apparition jusqu'à nos jours.

Dans la première période, il montre que la caractéristique est une artillerie très faible, comme dimension, pénétration et vitesse de tir; d'où pour la cuirasse la possibilité d'assurer pratiquement aux bâtiments de combat une protection presque absolue.

Dans la seconde période, apparaissent des pièces de marine d'une puissance encore inconnue jusque-là; pour pouvoir résister à leurs attaques, il faut, malgré les progrès constants de la métallurgie, augmenter l'épaisseur des blindages, d'où, par suite, nécessité de réduire au strict minimum la surface à protéger.

Enfin, dans la troisième période, où se développe surtout l'artillerie moyenne, et même la grosse artillerie, à tir rapide, l'auteur montre la nécessité de compléter la protection par un cloisonnement disposé en tranches cellulaires avec plaques de blindage, léger.

Ce mémoire a donné lieu à une très intéressante discussion à laquelle ont pris part MM. S. Périssé, R. Soreau, L. de Chasseloup-Laubat.

(*Bulletin de février*, 2e quinzaine, page 245 B.)

Dans la séance du 1er *juin*, M. E. COIGNET a décrit la *Construction du Château d'eau de l'Exposition*, entièrement faite en ciment armé et qui peut se diviser en trois parties principales : les vasques, la grande niche et le déversoir.

(*Séance du 1er juin*, page 13.)

Travaux du port extérieur de Bilbao, par M. L. COISEAU.

L'auteur montre d'abord l'importance du port de Bilbao, au point de vue du tonnage et des améliorations à y apporter.

Il examine successivement les ouvrages extérieurs, brise-lames, môle, contre-môle; donne des détails sur les moyens d'exécution, les dispositions des chantiers, la fabrication des blocs artificiels, les appareils de transport, la pose de ces blocs, la grue Titan, les remorqueurs, etc.

Il se termine, par la récapitulation des travaux effectués au 31 décembre 1899.

De nombreuses photographies en illustrent le texte.

(*Bulletin de juillet*, page 31.)

Amélioration des transports en commun à Paris, par M. Marcel DELMAS.

L'auteur se base sur une série d'observations faites au cours de l'exploitation régulière de différents moyens de transports. Il constate que beaucoup de temps perdu pourrait être utilement rattrapé au moyen de la suppression de la correspondance ainsi que

par l'augmentation des voitures et surtout la diminution des stationnements avec arrêts aux stations intermédiaires.

Ce mémoire a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris part MM. Badois, Marié, Regnard, L. de Chasseloup-Laubat, L. Périssé, D.-A. Casalonga, J. Mesureur, Leroux et Delmas.

(*Bulletin de décembre*, page 705.)

Mesures propres à faciliter et à rendre plus économiques la construction et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local et des tramways, par M. Doniol.

L'auteur émet une série de desiderata relatifs aux modifications à apporter aux règlements qui régissent ces derniers.

Il rappelle que la plupart des desiderata communiqués à la Société ont eu satisfaction par le décret du 3 février 1900.

Ce mémoire a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris part MM. Rey, Cossmann et Doniol.

(*Bulletin d'avril*, page 445 b.)

Constructions en béton armé, principales applications et avantages caractéristiques, par M. G. Flament.

Ce mémoire donne des détails sur les dispositions employées par l'auteur pour la construction industrielle de maisons de rapport, cuves et réservoirs, passerelles, ponts-routes et ponts de chemins de fer.

Il donne aussi une série de résultats d'expériences faites, tant au point de vue de la résistance aux charges que de la résistance à l'incendie.

(*Bulletin d'août*, page 228.)

Les chemins de fer de Sibérie, par M. A. Jacqmin.

Ce mémoire est le résumé de la communication faite à la Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens par M. Ziffer; il donne quelques détails sur les parties des lignes construites, sur les chemins de fer projetés, les grands travaux et importants terrassements auxquels ces constructions ont donné lieu et se termine par un tableau des prix de voyage en Sibérie.

(*Bulletin de novembre*, page 545.)

Commission des études coloniales. — Voies de communication et moyens de transport à Madagascar, par M. J. Marié.

Dans cette étude, le rapporteur de la Commission examine les voies terrestres et fluviales de l'île, les moyens de transport en usage ou projetés à Madagascar et les différents projets de chemins de fer étudiés, ainsi que les solutions qui ont été adoptées.

Il termine par un index bibliographique des publications consultées à ce sujet.

Ce mémoire a donné lieu, dans la séance du 4 mai, à une discussion à laquelle ont pris part, M. le général Galliéni, M. le colonel Roques, MM. J.-M. Bel, E. Honoré, Rey, Lavezzari et J. Marié.

(*Bulletin de mai*, 1re quinzaine, page 501 b, et *Bulletin de juin*, 1re quinzaine, page 613 b.)

Note sur les batardeaux à bâche imperméable, par M. N. Mélik.

Dans ce petit mémoire, l'auteur préconise l'emploi, dans certaines circonstances, de bâches en toile, remplaçant la terre argileuse que l'on emploie ordinairement pour les batardeaux.

(*Bulletin d'octobre*, page 472.)

Montages des ponts et charpentes, par M. Michel-Schmidt.

Dans ce mémoire, après avoir passé rapidement en revue le montage des ponts et charpentes depuis environ quarante ans, l'auteur examine successivement les différents procédés de montage en porte-à-faux par lancement, sur ponts de service, par flottage et enfin les procédés mixtes.

Il s'étend un peu plus longuement sur le montage du pont Alexandre III et celui du pavillon Schneider à l'Exposition.

(*Bulletin de septembre*, page 299.)

Aperçu général des dispositions et installations de l'Exposition universelle de 1900, par M. de Nansouty.

Par suite de l'absence de M. de Nansouty, cette communication a été faite, en son nom, par M. G. Courtois.

L'auteur donne quelques notes sur les grandes divisions de l'Exposition, les Palais des Champs-Élysées et des Invalides, les rives de la Seine, le Trocadéro, le Champ-de-Mars, sur les installations des forces motrices, l'annexe de Vincennes, et le personnel dirigeant.

(*Bulletin de mai*, 1re quinzaine, page 485 b.)

Pose de la voie, comparaison entre les divers modes de travail utilisés à ce jour, par M. Seymat.

L'auteur examine les différents modes d'organisation des chantiers de pose, soit entièrement à la main, soit au moyen de machines poseuses.

Il établit une série de prix de revient afférents aux différents cas d'organisation des chantiers et montre que les poseuses ne donnent, en général, qu'un avantage très faible sur la pose entièrement à la main.

(*Bulletin de décembre*, page 676.)

Chemin de fer transsibérien; traversée du lac Baïkal, par M. P. Yankows

Dans ce mémoire, l'auteur examine plus spécialement la question de la traversée du lac Baïkal en vue d'éviter la construction difficile d'une ligne qui aurait contourné les rives de ce lac.

Il donne des détails intéressants sur les dispositions et construction des quais et des bateaux employés pour le transbordement des marchandises, ainsi que sur les bateaux brise-glace.

(*Bulletin de novembre*, page 536.)

MÉMOIRES DÉPOSÉS

M. Scheuter. — *Tramways à conduite souterraine.*

M. Chollot. — *Améliorations de la navigabilité de la rivière Whampou, par la suppression de la barre de Woosung.*

M. Mauguin. — *Notice sur le chemin de fer électrique de Berthoud à Thoune.*

M. J.-H. Delaunay. — *Le canal des Pangalanes (Madagascar).*

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. Locomotives, Machines à vapeur, etc.

Le servo-moteur Auvert, par M. Ch. Baudry.

Ce mémoire est consacré à la description de véhicules à moteurs électriques d'une ligne à voie d'un mètre reliant le Fayet-Saint-Gervais à Chamonix et qui doit se prolonger plus tard jusqu'à Martigny-en-Valais.

Les appareils, dont la description est donnée ci-dessus, sont dus à M. Auvert, Ingénieur de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

(*Bulletin d'avril*, 2e quinzaine, page 429 B.)

Résistance des carènes, essais de Joëssel et formule du « sinus carré », par M. de Bruignac.

Dans la première partie de ce mémoire, l'auteur décrit des expériences analogues à celles de Joëssel et qu'il a effectuées sur un canal de 60 *cm* de large, 25 *cm* de profondeur d'eau, au moyen d'une tôle rectangulaire d'environ 10 cm^2.

De ces expériences, l'auteur déduit une série de tableaux et de formules et consacre une partie de son mémoire à répondre à des objections qui lui ont été faites.

(*Bulletin de juin*, 2e quinzaine, page 663 B.)

Les pompes centrifuges, par M. Brüll.

L'auteur analyse d'abord un ouvrage sur cette question déposé à la Bibliothèque, par notre Collègue M. A.-H. Courtois, à cette occasion, il fait une véritable monographie des divers points de cette question.

(*Bulletin d'avril*, 2e quinzaine, page 457 B.)

Canons à tir rapide de bord, campagne, siège et place, par M. G. Canet.

Dans ce mémoire malheureusement trop restreint, l'auteur expose rapidement les progrès accomplis dans le matériel de guerre depuis 1889. Il passe en revue les conditions multiples auxquelles doivent satisfaire les divers éléments qui constituent une pièce à tir rapide, savoir : le canon proprement dit, l'affût, le frein, les appareils de visée et de chargement. Il montre comment, par l'emploi de mécanismes de grande précision, on peut aujourd'hui isoler complètement les opérations de pointage de toutes les autres dont l'ensemble forme ce qu'on appelle le « service de la pièce ». Ce résultat permettant immédiatement d'obtenir un tir beaucoup plus efficace et rapide.

(*Bulletin de septembre*, page 287.)

Note sur les dalles et parois fléchies en fer et ciment, par M. F. Chaudy.

Dans ce mémoire, l'auteur décrit les modes d'usage des différents éléments de son système.

Ce mémoire a donné lieu, dans la séance du 1er juin 1900, à une discussion à laquelle ont pris part MM. Coignet, G. Marié, de Tédesco, Badois, Dallot et Chaudy.

(*Bulletin d'août*, page 219.)

L'abatage mécanique de la houille aux États-Unis, par M. A. de Gennes.

Frappé de l'importance de l'emploi toujours grandissant de l'outillage mécanique dans les mines d'Amérique, en remplacement de la main-d'œuvre de l'ouvrier, l'auteur nous donne la description résumée des machines employées dans ce pays et dont l'emploi abaisse de beaucoup le prix de revient du charbon.

(*Bulletin de septembre*, page 338.)

Les moteurs autres que ceux à vapeur, par M. G. Leroux.

M. Leroux examine les moteurs à gaz d'éclairage, les moteurs à gaz spéciaux, les moteurs à pétrole, les moteurs à air chaud.

Cette communication donne lieu à une discusssion, dans la séance du 16 novembre, et à laquelle prennent part MM. Badois, Cornuault, Manaut, de Faramond de Lafajole, L. de Chasseloup-Laubat et G. Leroux.

(*Bulletin de décembre*, page 746.)

Traction mécanique sur rails et sur routes pour les transports en commun, par MM. L. Périssé et R. Godfernaux.

Ce mémoire, dont la première partie a paru dans le Bulletin de décembre 1899, passe en revue les différents systèmes de traction (électrique, air comprimé, vapeur, gaz, funiculaire) appliqués soit aux véhicules sur rails, soit aux véhicules sur routes.

Il entre dans des détails assez circonstanciés sur les différents systèmes de voitures, de moteurs, les usines centrales de production d'énergie, l'utilisation de cette énergie suivant divers systèmes.

Il se termine par une étude sur les prix de revient des transports sur routes.

La discussion de ce mémoire a eu lieu dans la séance du 2 février; y ont pris part, MM. Marquet, P. Regnard, A. Lavezzari, de Marchena, E. Badois, Mékarski, de Bovet, Rodrigues-Henriques, P. Guedon, L.-L. Vauthier, J.-B. Hersent.

Chacun de ces Messieurs, a fourni une note, quelques-uns mêmes un véritable mémoire, à l'appui de cette discussion.

(*Bulletin de décembre 1899* (page 766) et *Bulletin de janvier* (1re quinzaine, page 1 B, et *Bulletin de mars*, (2e quinzaine, page 317 B.)

Locomotive à grande vitesse, système Thuile, par M. L. Prévost.

Ce mémoire donne la description succincte de la locomotive Thuile, destinée, d'après son auteur, à remorquer un train de 180 à 200 *t* à une vitesse de 120 *km* à l'heure en palier et sur rampe.

Il se termine par un compte rendu des essais de cette machine.

(*Bulletin de septembre*, page 390.)

Charpentes métalliques de la salle des fêtes de l'Exposition de 1900, par M. Pierre Rey.

L'auteur décrit d'abord les dispositions étudiées pour la construction de la charpente de la salle des fêtes, donne ensuite les calculs relatifs aux conditions d'équilibre, calculs de résistance, nature des métaux employés, mode de montage, vérification des matières et contrôle à pied-d'œuvre.

(*Bulletin d'octobre*, page 449.)

Dans la séance du 5 *octobre*, M. Soreau nous a fait une communication sur la *Nomographie et ses applications à l'art de l'Ingénieur*. Il montre que l'emploi des abaques pour-

rait être utilement appliqué dans nombre de cas et amène même la découverte de lois ignorées jusqu'à présent.

Ce mémoire, qui nous a été remis, doit paraître dans l'un des premiers Bulletins de 1901.

(*Séance du 5 octobre*, page 390.)

Visite à la nouvelle usine Clément, par M. R. Soreau.

L'auteur rend compte de la visite faite par la Société, le 17 mars 1900, à la nouvelle usine pour la fabrication des cycles, fondée à Levallois-Perret. Il décrit les perfectionnements des ateliers de cycles, des automobiles, ceux de l'outillage ainsi que les ateliers divers.

(*Bulletin de mai*, 2e quinzaine, page 575 b.)

Théorie générale des poutres Vierendeel, par M. A. Vierendeel.

L'auteur donne une théorie aussi complète que possible de son système de ponts sans diagonale, développe les calculs et les applications numériques qui s'y rapportent et termine par la comparaison avec un pont du système ordinaire.

Ce mémoire a donné lieu dans la séance du 6 juillet à une discussion très nourrie à laquelle ont pris part MM. Bodin, Marsaux, Chaudy, Duplaix, Vierendeel.

(*Bulletin d'août*, page 163.)

MODÈLES DÉPOSÉS

M. P. Rey. — *Équations et formules permettant d'établir les conditions de résistance du système destiné à assurer la stabilité des poutres principales dans les différents cas de la pratique pour les ponts de chemins de fer.*

IIIe SECTION

Travaux géologiques, Mines et Métallurgie, Sondages, etc.

Étude sur la fabrication des cuvelages de puits de mines, à Gorcy, par M. Clère.

Ce mémoire est consacré à la description d'un système de cuvelage destiné aux puits de grand diamètre et de grande profondeur, devant traverser plus spécialement des terrains aquifères.

Il se termine par la description de la fabrication des trousses de cuvelages nécessaires.

(*Bulletin de mai*, 2e quinzaine, page 519 b.)

Progrès réalisés dans la fabrication des blindages depuis 1889, par M. E. Delmas.

Après avoir montré comment on apprécie la valeur au tir d'une plaque de blindage, l'auteur passe en revue les progrès accomplis, au point de vue de la résistance, montre comment ces progrès ont été réalisés, quel est le mode d'action des projectiles, et décrit succinctement l'outillage employé qui devient de plus en plus important.

(*Bulletin de septembre*, page 320.)

L'Australie occidentale, par M. J. GARNIER.

Dans ce mémoire, rédigé à la suite d'un voyage fait en Australie par l'auteur, en compagnie de son fils, M. Pascal Garnier, décédé en cours de voyage, l'auteur examine la terre de l'Australasie au point de vue géologique et émet une théorie sur le mode de formation de ce terrain, la création des gisements et des filons d'or.

Il donne ensuite des détails sur les principales mines et les usines et il termine par une revue des récents progrès de la métallurgie de l'or en Australie.

(*Bulletin de janvier*, 1re quinzaine, page 81 B.)

Dans la séance du *22 juin*, M. JANNETTAZ a fait une communication sur les *Convertisseurs pour cuivre* et plus spécialement celui connu sous le nom de sélecteur David. Il a décrit l'appareil et les différentes phases de l'opération, montrant que de son emploi résultent une épuration du métal et la concentration de l'or dans une petite masse et une économie par suite de la rapidité de l'opération.

Ce mémoire, qui nous a été remis, paraîtra dans l'un des premiers bulletins de 1901.

(*Séance du 22 juin*, page 28.)

Dans la séance du *2 novembre*, M. P. JANNETTAZ a fait une communication sur la *Métallurgie des métaux autres que le fer à l'Exposition de 1900*. Il a passé successivement en revue le cuivre, le bronze, l'argent, le zinc, les minerais complexes de plomb et de zinc, l'antimoine, le mercure, le nickel, l'or, l'aluminium, les métaux réfractaires, et donne quelques détails sur le nouveau procédé dit l'aluminothermie.

(*Séance du 2 novembre*, page 519.)

Note sur la Métallurgie du plomb dans la province de Murcie (Espagne) par M. P. JANNETTAZ.

Dans cette note, l'auteur se borne à l'étude de la métallurgie du plomb de la province de Murcie; il étudie plus spécialement les caractères spéciaux de la région de Carthagène; le traitement métallurgique, le grillage des minerais, la fusion réductrice, la désargentation et la condensation.

La conclusion de cette note est que dans cette région il reste de grands progrès à réaliser au point de vue de la fonderie et que cette question est actuellement étudiée par des usines importantes. Il est à présumer que dans un bref délai des perfectionnements sérieux se produiront.

(*Bulletin de juin*, 2e quinzaine, page 705 B.)

MÉMOIRES DÉPOSÉS

M. HERYNGFET. — *Note sur les essais officiels de réception des aciers à canon, en France et aux États-Unis.*

M. CASTELNAU. — *Concentration des minerais par l'air comprimé.*

M. P. BESSON. — *Les nouveaux métaux (Polonium, Radium, Actinium).*

IVe SECTION

Physique, chimie industrielle, divers, etc.

La verrerie à l'Exposition internationale de 1900, par M. Léon Appert.

L'auteur examine rapidement les perfectionnements survenus dans la fabrication du verre et de la glace depuis la dernière Exposition.

Il parle de la composition et des progrès réalisés dans l'emploi des matières premières, des inventions, des procédés de moulage mécaniques et autres et du polissage des glaces.

Il rappelle l'extension des nouveaux procédés de fabrication permettant d'obtenir le verre perforé et le verre armé, et enfin la pierre de verre dite pierre céramique Garchey.

(*Bulletin de décembre*, page 766).

La stérilisation des eaux alimentaires, par M. A. Bergé.

L'auteur préconise l'emploi pour l'épuration des eaux du peroxyde de chlore; il décrit des appareils permettant de traiter les eaux en grande masse, au point de vue industriel, et termine par un résultat d'analyse faite sur des eaux épurées par son procédé.

(*Bulletin de juin*, 1re quinzaine, page 691 B.)

Congrès des Ingénieurs Italiens à Bologne, rapport présenté par M. C. Canovetti.

Dans ce rapport très succinct, l'auteur donne une analyse et le résumé des principales communications présentées au Congrès des Ingénieurs de Bologne, s'occupant principalement de l'amélioration des rivières et des moyens de prévenir les inondations.

(*Bulletin de mars*, 1re quinzaine, page 307 B.)

Note sur les différents procédés permettant de combattre l'inflammabilité des matériaux et décors employés dans les théâtres, par M. Ch. Girard.

L'auteur examine d'abord les conditions nécessaires pour assurer l'ininflammabilité des bois de décors et donne quelques détails sur les moyens de les protéger, soit par injections salines, soit par applications d'enduits extérieurs.

(*Bulletin de mai*, 2e quinzaine, page 582 B.)

Quelques considérations sur la production de l'ozone, et son application à la stérilisation des eaux, par M. Gosselin.

Dans le second mémoire, M. Gosselin préconise l'emploi d'ozonateurs d'un système différent et donne des résultats relatifs à leur application industrielle pour la stérilisation des eaux.

(*Bulletin de février*, 1re quinzaine, page 221 B.)

Le Soudan et la Guinée, par M. H. Hamet.

Sous ce titre générique, l'auteur examine, dans une première partie, les communications de la Région sud du Soudan et de la Guinée, en indiquant l'utilité qu'il y aurait à améliorer ces voies.

Puis, il passe à l'étude plus spéciale de l'exploitation du caoutchouc au Soudan en donnant en même temps, la description du procédé industriel employé par lui dans le but d'épuiser le plus possible les écorces productrices du caoutchouc.

(*Bulletin de mars*, 1re quinzaine, page 277 B.)

Transformation de la fabrication du sucre, en France, depuis la loi de 1884, par M. P. Horsin-Déon.

Dans cette note, l'auteur montre comment, grâce à la loi de 1884, la sucrerie a pu, non seulement se perfectionner, mais se transformer à tel point, qu'à l'heure actuelle, la fabrication de la masse cuite et la cristallisation, qui demandaient des travaux de plusieurs mois, peuvent être terminés en quelques jours.

(*Bulletin de novembre*, page 570.)

Le noir d'acétylène et ses dérivés, par M. E. Hubou.

L'auteur examine d'abord le mode de production des noirs commerciaux ordinaires ainsi que leur rendement et qualités; puis il montre comment l'emploi de l'acétylène peut suppléer à ce procédé ancien et même lui être de beaucoup supérieur; il termine par un exposé de la fabrication industrielle du noir d'acétylène et des sous-produits de cette fabrication.

(*Bulletin de juin*, 2e quinzaine, page 680 b.)

Analyse d'une note insérée dans le Bulletin de la « Union Industrial Argentina », par M. A. Lavezzari.

A la suite d'une note de M. Courau sur les traverses de chemins de fer en bois de québracho, note parue dans le Bulletin de la Société en 1899, nous avons reçu une série de lettres et de correspondances relatives à cette question; M. Lavezzari a bien voulu se charger de résumer ces différentes notes, d'où il semble ressortir que les Compagnies de chemins de fer auraient peut-être intérêt à faire usage desdites traverses, à la condition de faire un large appel à la concurrence entre les producteurs.

(*Bulletin de novembre*, page 564.)

L'industrie de l'ozone, par M. M. Otto.

Dans le premier de ces mémoires, M. Otto décrit un système particulier d'ozonateur en vue de la production industrielle de l'ozone.

Il donne ensuite différentes méthodes de dosage de ce corps ainsi que son application à l'épuration et à la stérilisation des eaux, tant potables qu'industrielles.

(*Bulletin de février*, 1re quinzaine, page 149 b.)

Appareil à produire le gaz aérogène, par MM. de Perrodil et de Morsier.

Ce mémoire est plus spécialement consacré à la description des appareils de M. Van Vriesland. Il a donné lieu, dans la séance du 16 février, à une discussion à laquelle ont pris part MM. Lartigue, Lecomte, de Perrodil et de Morsier. M. Lartigue, de son côté, a préconisé un appareil dû à M. Cabrier.

(*Bulletin d'avril*, 1re quinzaine, page 403 b.)

Filtres dégrossisseurs pour grandes masses d'eau, par M. A. Puech.

L'auteur montre par quelle succession d'idées il a été amené à composer son système de filtre, caractérisé surtout par l'emploi de tôle perforée supportant une couche de sable filtrant, dont une partie est remplacée par du gravier.

Il se termine par des renseignements sur les prix de revient et les frais d'entretien de ce système de filtres.

Cette communication a donné lieu dans la séance du 6 avril, à une première discussion à laquelle ont pris part MM. Badois, Brard, Bergé et Puech.

Cette discussion a été reprise dans la séance du 20 avril; y ont pris part à nouveau, MM. E. Pettit, Brard, Badois, A. Bergé, P. Mallet, G. Richou, J. Fleury, F. Marboutin, G. Marié.

(*Bulletin de mai*, 2ᵉ quinzaine, page 561 B.)

Les ordures ménagères de Paris, par M. P. Vincey.

Dans ce mémoire, communiqué dans la séance du 20 avril, l'auteur propose de diviser la Ville de Paris en trois zones concentriques, dans lesquelles l'enlèvement des ordures aurait lieu, à des heures successives, variant de 10 heures du soir à 5 heures du matin.

On utiliserait, dans la plus large mesure, la voie des tramways, au moyen de wagons spécialement construits à cet effet et permettant ainsi d'établir, fort loin de Paris, en pleins champs les dépôts nécessaires.

(*Bulletin de juin*, 1ʳᵉ quinzaine, page 643 B.)

Réceptions des délégués des Sociétés techniques et savantes à l'occasion de l'Exposition de 1900.

Ce compte rendu, rédigé par les soins de MM. P. Roger et Borne, au nom de la Commission des fêtes, rappelle les différentes fêtes et réceptions qui ont eu lieu à la Société, aux mois de juin et juillet, à l'occasion de l'invitation adressée aux délégués des Sociétés techniques et savantes du monde entier.

(*Bulletin d'octobre*, page 397.)

MÉMOIRES DÉPOSÉS

M. Dibos. — *Navigation aérienne au long cours. Description d'un aérostat d'essai suivant la méthode « Dex-Dibos ».*

M. Lagneau. — *Mémoire sur les unités industrielles.*

M. Delastre. — *Le chauffage moderne.*

Vᵉ SECTION

Électricité.

La télégraphie sous-marine, par M. H. Casevitz.

Dans ce mémoire, l'auteur donne d'abord une historique de cette industrie en France; puis il rappelle les travaux de la Société des Télégraphes sous-marins, passe ensuite à l'examen des conditions diverses que doit présenter un câble-type; il termine par des détails sur les opérations de la pose ainsi que sur les divers types de câbles et appareils employés.

(*Bulletin d'avril*, 1ʳᵉ quinzaine, page 365 B.)

Signaux électriques automatiques, système Timmis-Lavezzari, par M. A. Lavezzari.

Dans ce mémoire, l'auteur décrit des systèmes de signaux destinés plus spécialement au chemin de fer électrique de l'Exposition de 1900 en vue d'assurer la sécurité de l'exploitation de cette ligne.

(*Bulletin d'avril*, 2ᵉ quinzaine, page 436 B.)

Dans la séance du 2 *mars*, M. Lecler a fait une communication sur les *Progrès de l'emploi de l'électricité en Allemagne, en Danemark et en Norvège.*

Cette communication a donné lieu à une réponse de M. Hillairet.

(*Séance de 2 mars*, page 363 B.)

IX
DÉCÈS

Voir Discours de M. le Président Canet (page 17).

X
DONS ET LEGS

Voir Discours de M. le Président Canet (page 18).

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 JANVIER 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. le Président constate le fâcheux retard apporté à la distribution du procès-verbal de la dernière séance, que beaucoup de nos Collègues n'ont pas encore reçu. Ce retard est dû à un accident de machine à l'imprimerie. Le Président exprime plus particulièrement ses regrets aux Collègues qui doivent prendre la parole, et que ce retard prive certainement d'une partie de leur auditoire.

Le procès-verbal ne peut donc être adopté que sous réserve des observations qui pourraient y être faites à la prochaine séance.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de M. Henri Barbier, Membre de la Société depuis 1879, Directeur des Fonderies et Laminoirs de Biache-Saint-Vaast.

M. le Président a le plaisir de porter à la connaissance de nos Collègues les décorations et nominations suivantes :

Commandeur du Mérite agricole : M. A. Ronna;

Officiers du Mérite agricole : MM. Ch. Bourdon, H. Haguet;

Chevaliers du Mérite agricole : MM. J. Pérard, R. Wallut;

Chevalier du Christ de Portugal : M. Michel-Schmidt;

En outre, MM. L. Couvreur, E. Gruner, E. Lahaye, A. Lainey, A. Moisant, Ch. Prevet et F. Reymond ont été réélus membres du Comité consultatif des chemins de fer pour 1901 et 1902.

La liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance est déposée sur le bureau et sera insérée dans le prochain Bulletin. Parmi ces ouvrages, M. le Président signale le don fait, par M. le Préfet de la Seine, d'une publication intitulée : *Travaux des années 1899 et 1900 sur les eaux de l'Avre et de la Vanne (Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. Rapport général de M. Duclaux. Procès-verbaux de la Commission. Rapports annexes).*

Notre nouveau Collègue M. A. Collot a fait à la Société un don de 39 *f*. M. le Président lui en adresse ses remerciements.

Lecture est donnée de l'extrait suivant d'une lettre de la Société Impériale Technique Russe, lettre signée de son Président, M. N. Petroff, Membre honoraire de notre Société, et de M. E. Federoff : « La première séance d'automne de 1900 de la Société Impériale Technique de Russie décida unanimement d'adresser à la Société des Ingénieurs Civils de France les plus profonds et sincères remerciements pour la cordiale hos-

pitalité faite à ses délégués, durant leur séjour à Paris, de même que pour l'effectuation de leurs études de différentes questions techniques. »

D'autre part, l'American Society of Mechanical Engineers nous a fait parvenir une adresse de remerciements pour les réceptions offertes à ses délégués à l'occasion de l'Exposition. Cette adresse, richement illustrée, est déposée sur le bureau.

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. le Président remercie la Société Impériale Technique Russe et l'American Society of Mechanical Engineers, et dit que nous sommes extrêmement sensibles à leur délicate attention.

M. le Président communique aux Membres de la Société les avis suivants :

1° Le 39e Congrès des Sociétés savantes se tiendra à Nancy du 9 au 13 avril;

2° Le Gouvernement général de l'Indo-Chine a informé notre Société que, le 30 mars 1901, il sera procédé simultanément, à Paris et à Hanoï, à l'adjudication de travaux d'infrastructure, bâtiments, ballastage, pose de voie et matériel fixe, pour deux lignes de chemins de fer à établir au Tonkin.

Les cahiers des charges et dossiers d'adjudication peuvent être consultés à l'Inspection générale des Travaux publics au Ministère des Colonies, de 10 heures à midi et de 2 heures à 5 heures;

3° Douze obligations au porteur de l'emprunt de la Société sont à vendre au prix de 500 *f* chacune. Ceux de nos Collègues qui auraient l'intention de s'en rendre acquéreurs, pour partie ou en totalité, peuvent s'adresser au Secrétariat.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Compère intitulée : *Étude sur les générateurs et les machines à vapeur à l'Exposition de 1900.*

M. Ch. Compère fait ressortir que la participation importante des pays étrangers à l'Exposition a permis de mieux établir l'état actuel de la construction des appareils à vapeur. Puis il examine successivement les chaudières et les machines.

Une des principales caractéristiques des appareils à vapeur en fonctionnement à l'Exposition a été l'emploi d'une haute pression de marche, soit 10 *kg*. Les chaudières produisant la vapeur à cette pression étaient du type multitubulaire ou du type à grand volume. Le premier type était tout indiqué; le second l'était peut-être moins, en raison des fortes épaisseurs à adopter et des difficultés d'assemblage des tôles.

Notre Collègue passe en revue les principales chaudières en fonctionnement, et s'étend plus particulièrement sur les chaudières allemandes à foyer intérieur et corps tubulaire supérieur; parmi les chaudières non en feu, il décrit la chaudière en X (France), et la chaudière Bary (Russie).

Après quelques indications sur la construction proprement dite, M. Compère fait ressortir la sécurité de plus en plus grande obtenue avec les chaudières à vapeur, et signale la nécessité de chaufferies bien établies, comme l'étaient celles de l'Exposition. Enfin, il passe en revue

les accessoires des chaudières exposées : grilles, économiseurs, surchauffeurs, épurateurs, etc.

M. Compère examine ensuite les machines à vapeur fonctionnant en charge ou non. Il fait tout d'abord ressortir l'accroissement énorme de la force des machines motrices, de 1867 à 1900. Cette force était, en moyenne, de 16 *ch* en 1867, de 62 *ch* en 1878, de 166 *ch* en 1889 et de 975 *ch* en 1900. La conception des types présentés en 1900 a été la conséquence de la création de ces grandes unités.

C'est ainsi qu'à l'étranger il semble qu'on ne conçoive pas une machine de 1 000 *ch* à un seul cylindre, comme en France ; on a recours à la double et à la triple expansion, avec lesquelles la marche à pression élevée est tout indiquée.

Ici se dégage un fait capital quand on pousse plus loin la comparaison entre les diverses machines : c'est l'emploi, comme organes de distribution pour les machines à allure normale, de soupapes à l'étranger, et de tiroirs cylindriques en France. Les soupapes sont également adoptées pour l'application de la vapeur surchauffée, très répandue aussi à l'étranger. En d'autres termes, on parait adopter les soupapes pour la surchauffe et la haute pression, et réserver les tiroirs cylindriques aux basses pressions. Cette distinction justifie la création de types intermédiaires à double ou triple expansion, types qui comportent des soupapes au cylindre d'admission, et des tiroirs Corliss aux cylindres de détente.

Après avoir signalé les principales machines exposées, M. Compère présente quelques remarques sur le compoundage des machines, en faisant ressortir comment, malgré la perte de travail dans le transvasement de la vapeur entre les cylindres, la consommation diminue avec l'augmentation du nombre de cylindres. Toutefois, il cite de très basses consommations obtenues en France avec des machines monocylindriques bien chemisées et bien étudiées,

Puis notre Collègue met en relief les principaux perfectionnements relevés dans la conception et la construction des machines exposées : disposition des machines compound avec cylindres tandem ou cylindres indépendants ; proportion entre le diamètre et la course ; construction des soupapes ; nombre de tours ; vitesse du piston ; commandes des soupapes et des tiroirs cylindriques ; enveloppes, régulateurs, etc. Il décrit les types de machines et de distributions les plus remarqués : pistons-valves de la machine van den Kerchove, machine Ringhoffer, machine Dujardin, machine Weyher et Richemond à volets, machines du Creusot à détente Bonjour, machine Storck du système Schmidt à surchauffe très élevée et variable par le régulateur selon la charge, etc.

Il présente ensuite les machines à grande vitesse Willans et Robinson, Sulzer, Mertz, Escher Wyss, Tosi, Société des Moteurs à grande vitesse à Liège, Fabrique d'Augsbourg et de Nuremberg, Lederer et Porgès, Delaunay-Belleville, Garnier et Faure Beaulieu, Boulte et Larbodière (excitatrice du groupe électrogène Dujardin. Éclairage électrique), Sautter Harlé et C[ie], Bourdon, etc. Enfin, il rappelle les turbines, en charge ou non : Parsoons, Laval, Seger, Rateau et le moteur rotatif Hult.

Comme accessoires de machines, notre Collègue insiste surtout sur

les appareils de condensation exposés : aéro-condenseurs, réfrigérants, types à jet, condenseurs-automoteurs, etc.

M. Compère termine sa communication en montrant la participation importante à l'Exposition des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur de France, d'Autriche et d'Italie, et du Congrès international de Surveillance et de Sécurité en matière d'appareils à vapeur, dont les Associations françaises ont pris l'initiative.

M. le Président remercie M. Compère d'avoir accepté de traiter devant la Société un sujet aussi étendu et aussi touffu, ce qu'il a fait avec une méthode et une clarté qui ont permis de le suivre avec beaucoup d'intérêt et de plaisir. Les observations personnelles qu'il a développées ont donné une saveur particulière à sa communication.

L'ordre du jour appelle la communication de M. J.-H. Delaunay sur *le Canal des Pangalanes (Madagascar)*.

Vu l'heure avancée et pour ne pas écourter cette communication, M. le Président propose à notre Collègue de la reporter à la première séance disponible.

M. Delaunay se mettant à la disposition de la Société, sa communication est reportée à la séance du 15 février.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. E. Charlot, A.-N.-B. Dumez, A. Gonzalez, J. Guillon, R. von Helmholtz, E. Henry, J.-J. Lavollay, F. Mast, N. Piatnitsky, comme Membres Sociétaires.

MM. P. Arbel, C. Basiliades, S.-P. Bizet, A. Collot, L. Elkine, A. Hugot fils, E.-A. Laurent, J.-A. Lemétais, P.-E. Mercier, V.-F. Robin, C. Sellerier, G.-L. Vésier sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

INSTALLATIONS GÉNÉRALES DU SERVICE MÉCANIQUE

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE ET INTERNATIONALE DE 1900 (1)

PAR

M. Charles BOURDON

INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE MÉCANIQUE

L'étude de cette importante question fut divisée, dans l'exposé qu'en fit M. Ch. Bourdon, en douze chapitres portant les titres suivants :

I. — Organisation et attributions du service mécanique ;

II. — Disposition et utilisation des emplacements réservés aux groupes de la Mécanique et de l'Électricité ;

III. — Aménagement des emplacements ; — Voies ferrées, canalisations diverses ;

IV. — Travaux préparatoires de la distribution de l'eau et de la vapeur ; — Galeries souterraines ;

V. — Bases générales d'établissement des services de la force motrice et de l'éclairage ;

VI. — Distribution de l'eau à basse et à moyenne pression ;

VII. — Production de la vapeur ; — Dispositions de l'installation des générateurs ; — Bâtiments des chaudières ; — Carneaux de fumée ; — Cheminées;

VIII. — Distribution de la vapeur ;

IX. — Disposition de l'installation des machines du service de la force motrice ; — Appareils de levage.

X. — Transmissions de mouvement ;

XI. — Ventilation de la Salle des Fêtes, des Palais de l'Agriculture et des halls des groupes électrogènes.

XII. — Règlement spécial relatif à l'installation et au fonctionnement des appareils mécaniques électriques et hydrauliques.

(1) Voir planches nos 1 et 2.

Organisation et attributions du service mécanique.

Le service mécanique était l'une des quatre grandes divisions des services techniques de la Direction générale de l'Exploitation, qui comprenaient :

1° Le service mécanique ;

2° Le service électrique, à la tête duquel était M. R.-V. Picou ;

3° Le service de la Manutention et des Appareils de levage, qui était dirigé par M. C. Guyenet, dernièrement décédé, et auquel a succédé son Ingénieur adjoint M. Ringuier ;

4° Le service hydraulique, dont l'Ingénieur principal M. Meunier est bien connu pour sa compétence spéciale dans les questions de machines élévatoires et de distribution d'eau.

Ces quatre services étaient placés sous la haute direction de M. L. Delaunay-Belleville, Directeur général de l'Exploitation, et il fut particulièrement heureux et tranquillisant pour les Ingénieurs qui en avaient la lourde responsabilité, d'avoir à exécuter leurs importants travaux sous la direction d'un chef aussi éminent, aussi précis dans ses décisions, et aussi compétent dans les questions de constructions et d'installations mécaniques.

Malgré les charges et occupations accablantes qui résultaient, pour le Directeur général de l'Exploitation, de l'administration et de l'organisation de toutes les sections étrangères, des services généraux et de l'importante installation de l'Exposition de Vincennes, M. Delaunay-Belleville suivit avec la plus vive sollicitude, et dans ses moindres détails, les travaux des services techniques ; aussi ses avis éclairés contribuèrent-ils, dans la plus large mesure, aux heureux résultats qui ont été obtenus.

De même qu'aux Expositions précédentes, l'administration s'était assuré, pour l'examen de toutes les questions concernant les installations mécaniques et le service de la force motrice, le concours d'un comité dit « Comité consultatif des machines », qui fut nommé par arrêté de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Il était présidé par M. Linder, Inspecteur général des Mines, et composé d'ingénieurs et de constructeurs des plus éminents, dont les avis furent particulièrement précieux pour arrêter les dispositions générales des installations, fixer les conditions de fourniture de la vapeur et de la force motrice, et faire un choix judicieux des

machines et des chaudières qu'il convenait, sur les offres faites par les constructeurs, d'utiliser pour les services généraux.

Ce comité se divisa en trois sous-comités, dits : sous-comités des Machines, des Chaudières et des Appareils divers. D'importantes propositions arrêtées par ces sous-comités après discussion de très intéressants rapports présentés par MM. Hirsch et Walckenaer, donnèrent lieu à des décisions prises en séances plénières sur les questions précitées.

Pendant la période d'exploitation, le service des Mines, sous la direction de M. Walckenaer, son Ingénieur en chef, exerça, comme aux précédentes Expositions, une surveillance très active sur l'ensemble des installations, et le concours de sa grande expérience fut une garantie qui compléta de la façon la plus heureuse les mesures prises pour éviter les accidents.

Ce fut en juin 1897, peu de temps après la nomination de l'Ingénieur en chef, que commencèrent les travaux du service mécanique. Depuis cette date jusqu'au mois de janvier 1899, on fit toutes les études préliminaires des installations et de l'utilisation des emplacements, on dressa les plans, devis et cahiers des charges de tous les grands travaux préparatoires du service de la force motrice et des expositions du groupe de la Mécanique. On fit les adjudications de ces travaux, et on en suivit l'exécution qui, à la date ci-dessus, était très avancée, pour ce qui concerne toute la partie souterraine. Pendant cette première période, un personnel très restreint, ne comprenant que deux inspecteurs dessinateurs et un expéditionnaire, put suffire.

Mais, à cette époque, il fallait entrer dans le détail des installations des classes et des sections étrangères, ainsi que dans celui de l'installation des machines et des chaudières. Il y eut à fournir aux Comités et aux exposants une infinité de renseignements. Il en résulta une grande complication des travaux du service, et les nominations d'un ingénieur adjoint et d'un troisième inspecteur-dessinateur devinrent nécessaires.

Enfin, un peu avant le commencement de l'exploitation, le personnel fut complété en vue de satisfaire aux exigences de cette période particulièrement active.

L'ensemble de l'installation fut divisé en deux usines distinctes correspondant aux deux grandes batteries de chaudières qui furent montées de part et d'autre du Palais des Illusions, et il fut, pour chacune de ces deux usines, constitué un personnel double.

Au mois de mars 1900 le personnel, dans son organisation complète, comprenait alors :

4 ingénieurs adjoints ;
4 inspecteurs ;
1 dessinateur expéditionnaire, chargé des travaux de correspondance et de comptabilité ;
2 surveillants-mécaniciens.

Les quatre postes d'Ingénieurs furent occupés par :

M. Gabriel Eude, Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Directeur d'aciéries, précédemment attaché à la maison J. Le Blanc ;

M. Boutté, Ingénieur des Arts et Métiers et de l'École Centrale des Arts et Manufactures, ancien Ingénieur des Mines de Carmaux ;

M. Geyer, Ingénieur de l'École Centrale des Arts et Manufactures, ancien Directeur de fonderie ;

M. Chertemps, Ingénieur des Arts et Métiers, représentant de la maison Couffinhal.

Les inspecteurs étaient également des anciens élèves de l'École Centrale et des Écoles d'Arts et Métiers.

Ainsi constitué, le personnel du service mécanique ne comprenait que le nombre d'agents strictement indispensable, car, en raison de la durée du service, qui commençait chaque jour avant l'allumage des chaudières pour se prolonger jusqu'à l'arrêt des dernières machines, les Ingénieurs, Inspecteurs et surveillants mécaniciens formaient deux groupes distincts, ayant alternativement une journée complète de seize heures de service, et une journée de repos.

Chaque jour il y avait pour surveiller chaque usine et en assurer la marche un Ingénieur et un Inspecteur.

Un des surveillants mécaniciens, ayant avec lui deux ou quatre hommes, suivant les heures de la journée, se tenait à la disposition des Ingénieurs, prêt sur leurs indications, à parer à tout incident.

Le soir, chaque Ingénieur rédigeait pour l'usine qui le concernait un rapport qui était transmis le lendemain à M. le Directeur général de l'Exploitation.

Ce rapport résumait tout ce qui était relatif au fonctionnement des machines et des chaudières ; il indiquait les périodes de la journée pendant lesquelles les unes avaient été allumées et les

autres avaient fonctionné; ces renseignements étaient utiles pour l'établissement des comptes des fournitures. Le rapport relatait également tous les incidents survenus dans la journée, et il signalait les réparations qu'il était nécessaire de faire pendant la nuit.

Le matin, vers 7 heures et demie, dans une réunion du personnel de service, on prenait communication du rapport de la veille et l'Ingénieur en chef, qui opérait la transmission du service d'un groupe d'Ingénieurs à l'autre, complétait les renseignements du rapport. Il se faisait rendre compte des résultats de la visite de tout le matériel, faite pendant la nuit, s'assurait, avec le concours de son personnel, que tous les travaux reconnus nécessaires avaient été bien exécutés, afin qu'à 9 heures les canalisations puissent être mises en charge et fournir la vapeur nécessaire pour réchauffer les cylindres des machines qui devaient prendre le service à 9 h. 3/4.

Les travaux d'entretien des canalisations diverses étaient faits par le personnel des entreprises qui les avaient montées, et par une équipe spéciale d'ouvriers qui travaillait sous la direction des surveillants mécaniciens.

Avec cette organisation et ce personnel restreint, le service qui, pendant toute la journée, était extrêmement fatigant et exigeait beaucoup de vigilance, put être assuré d'une manière satisfaisante, car la période d'exploitation s'est accomplie avec une sécurité et une régularité de marche qui ne donna lieu à aucune critique lorsque, après l'achèvement du montage des machines et des chaudières, les services de la force motrice et de l'éclairage purent prendre leur cours normal.

Une large part de ce résultat favorable doit être attribuée au zèle avec lequel chacun fit son devoir, et l'Ingénieur en chef est heureux de rendre hommage au dévouement de ses collaborateurs.

Attributions du Service.

Les attributions du service mécanique (dont l'Ingénieur en chef eut à remplir également les fonctions de chef des groupes IV, VI et XI) comprenaient :

1° L'étude de l'utilisation, de la répartition et de l'aménagement des espaces destinés aux groupes de la mécanique des sections française et étrangères;

2° Tous les travaux préparatoires des installations du service de la force motrice et des machines en mouvement ;

3° Le service journalier de la force motrice nécessaire pour la mise en mouvement des machines et pour l'éclairage ;

4° La surveillance de tout l'ensemble des installations mécaniques.

Disposition et utilisation des emplacements.

La disposition générale des deux nouveaux Palais édifiés sur le Champ-de-Mars était celle d'un fer à cheval, les emplacements réservés au groupe de la mécanique étaient toute la partie formant le fond de cette figure. La section française occupait la partie voisine de l'avenue de La Bourdonnais, tandis que le centre et les galeries situés du côté de l'avenue de Suffren étaient affectés aux sections étrangères.

L'ensemble de ces Palais comprenait comme partie essentielle deux galeries de 30 *m* d'ouverture et de 130 *m* de longueur, ainsi que toute la partie centrale qui, en plus du rez-de-chaussée, avait un premier étage, cette dernière partie étant comprise entre le Château-d'Eau et la Salle des Illusions.

A ces constructions s'ajoutaient d'abord deux halls construits de part et d'autre de la Salle des Illusions, puis les galeries de 27 *m* et de 9 *m* composant les Palais construits par M. l'Architecte Paulin, parallèlement aux avenues de Suffren et de La Bourdonnais, et dénommés, d'un côté, Palais de la Mécanique, et de l'autre, Palais de la Mécanique et des Industries Chimiques.

Les deux grands espaces compris entre les galeries de 30 *m* et le Palais de l'Agriculture, dans lesquels devaient primitivement être installées des stations centrales d'électricité, furent définitivement utilisés pour l'installation des générateurs de vapeur, dont les deux puissantes batteries furent dénommées Usines Suffren et La Bourdonnais.

A la suite des espaces occupés par les expositions des groupes IV et V, se trouvaient, aux extrémités de chacun des Palais de la Mécanique, des surfaces assez importantes, qui étaient destinées, du côté La Bourdonnais, aux machines du groupe XIII (filature, tissage, teinture et apprêts) et, du côté Suffren, à celles du groupe XIV (industries chimiques, fabrication du papier, du savon, de la bougie, machines à travailler les cuirs et peaux).

Il y avait aussi des expositions mécaniques importantes dans

les Palais de l'Agriculture, sections française et étrangères, et il fallait pourvoir une partie de ces espaces de distributions d'eau et de vapeur ; mais, pour ne pas trop étendre notre sujet, nous ne nous occuperons pas de ces installations.

Le plan annexé *(Pl. 1, fig. 1)* montre comment les emplacement étaient distribués entre les classes françaises et les sections étrangères. Toute la partie centrale, sous plancher, avait été divisée entre les puissances qui n'avaient que des machines de petites dimensions ; mais, par suite de circonstances particulières, l'Italie qui, au moment où fut faite la répartition des surfaces, avait renoncé à installer des machines fonctionnant, dut utiliser l'emplacement qui lui avait été donné en y montant les magnifiques machines de 1 500 et 800 *ch* de la Maison Tosi.

Aménagement des emplacements.

Voies ferrées.

Le réseau en fut étudié par le service de la Manutention et des Appareils de levage, puis établi par le service de la Voirie.

Pour amener et réexpédier facilement les éléments constitutifs des chaudières, et surtout pour permettre l'arrivée jusqu'à pied d'œuvre des wagons de charbon pendant la période d'exploitation, le service mécanique fit placer, dans toute la longueur des bâtiments de chaudières, et suivant leur axe longitudinal, une voie ferrée qui se raccordait avec la gare du Champ-de-Mars par la rue de la Fédération. Une patte d'oie et un triangle, établis du côté de l'avenue de Suffren, permettaient de faire des manœuvres et des triages de wagons en cas de nécessité. Ce système de voies rendit de très grands services pendant les périodes de montage et démontage, et pendant l'exploitation.

Pour le service du charbon, le mouvement des wagons s'opérait de la manière suivante :

Une machine enlevait, le matin, les wagons vides et les remplaçait par des wagons pleins qui avaient été classés, en gare du Champ-de-Mars, dans l'ordre des groupes de générateurs auxquels ils étaient destinés, chaque fournisseur de vapeur s'approvisionnant lui-même de combustible.

Grâce à une entente qui eut lieu avec la Compagnie de l'Ouest, les wagons qui étaient ainsi amenés entre les deux lignes sui-

vant lesquelles étaient placées les chaudières, pouvaient rester toute la journée à la disposition des destinataires ; on avait donc tout son temps pour les décharger, et ils étaient repris le lendemain matin. Malgré ces dispositions favorables, qui avaient été prises pour permettre aux fournisseurs de vapeur de recevoir leur combustible dans des conditions aussi avantageuses que possible et pour éviter les encombrements qu'aurait occasionnés l'entrée par voitures, dans la matinée, d'environ 300 *t* de charbon, les livraisons par voitures furent toujours très importantes. Cela venait de ce qu'il n'avait pas pu être donné aux constructeurs fournisseurs de vapeur des emplacements permettant d'avoir des stocks suffisants pour pourvoir à la consommation lorsque des irrégularités d'un ou deux jours se produisaient dans l'arrivage des wagons.

Autour de chaque bâtiment de chaudières, et sur les quatre faces de ces bâtiments, il avait été réservé un chemin de circulation de 6 *m* de largeur, qui offrait un accès facile aux voitures pour arriver devant chaque batterie de chaudières.

Canalisations diverses.

Par application de l'article 47 du règlement général, l'eau, le gaz, la vapeur et la force motrice nécessaires au fonctionnement des machines et des appareils exposés devaient être fournis gratuitement aux exposants. Ceux-ci avaient à établir, à leurs frais, les branchements de raccordement avec les canalisations générales de distribution. La disposition adoptée pour la classification plaçant la fabrication entre les matières premières et les produits fabriqués, les machines et appareils fonctionnant se trouvaient répartis dans toutes les classes et, par conséquent, dans tous les Palais. Pour rendre possible l'application de l'article 47, on dut étendre le bénéfice de la gratuité au courant électrique, demandé comme force motrice par les exposants dont les machines étaient munies de dynamos motrices.

L'application de cet article 47 obligeait par conséquent l'administration, comme travaux principaux, à établir dans les groupes IV et V les conduites suivantes, qui étaient nécessaires pour fournir tout ce qu'exigeaient le service de la force motrice et la mise en mouvement des machines et appareils exposés.

Conduite de distribution d'eau à basse pression pour les condenseurs ;

Conduite de retour à la Seine des eaux chaudes de condensation ;

Conduite d'eau à moyenne pression pour les machines à papier, les machines à glace, les moteurs à gaz, et, d'une manière générale, pour toutes les machines ne pouvant pas puiser l'eau en dessous du sol ;

Canalisations de distribution de vapeur ;

Conduites collectrices des purges ;

Conduites de distribution d'air comprimé ;

Canalisation de distribution d'eau pour l'alimentation des chaudières ;

Canalisation de vidange pour les chaudières ;

Canalisation d'eau à haute pression pour service d'incendie et appareils divers exposés ;

Canalisation de distribution de gaz.

Nous n'avons pas à parler ici des canalisations électriques, qui faisaient partie de l'ensemble des Installations Électriques.

Les quatre dernières canalisations de la nomenclature ne présentaient rien de particulier ; elles étaient placées en terre, suivant la disposition ordinairement adoptée. Il n'y a donc rien à en dire, si ce n'est que la consommation générale de gaz dont l'administration était redevable vis-à-vis de la Compagnie Parisienne, était enregistrée au moyen de deux compteurs de 20 000 m^3 ; l'un servait pour la section française, l'autre pour les sections étrangères. La Compagnie pour la Fabrication des Compteurs les avaient exposés et mis gratuitement à la disposition de l'Administration.

Le montage des quatre premières canalisations devait être fait de telle sorte qu'elles fussent toujours accessibles, et que les vannes qui interceptaient les communications avec les branchements de raccordement des exposants pussent à tout moment être fermées. Ces conditions d'établissement, qui sont évidemment obligatoires en ce qui concerne les canalisations de distribution de vapeur, avaient dû être étendues aux canalisations d'eau, malgré la faible pression à laquelle elles étaient soumises, parce qu'il était indispensable de pouvoir les surveiller et les maintenir en bon état. Leur mise hors de service momentanée aurait, en effet, compromis tout le service de la force motrice. En outre, l'ensemble de ces conduites devant débiter près de 1 200 *l* par seconde, une rupture qui se serait produite à l'intérieur des Palais pouvait déterminer des affouillements dangereux pour les fondations.

Travaux préparatoires de la distribution de l'eau et de la vapeur.

Galeries souterraines.

Pour ces motifs, il fut créé, pour recevoir ces dernières canalisations, ainsi que les conduites générales de vapeur, un réseau de galeries souterraines, analogues à des égouts de grande section, et ayant un développement d'environ 1 500 *m*.

Le plan annexé montre la disposition de ces galeries. Les unes étaient parallèles, et les autres perpendiculaires aux Avenues de Suffren et La Bourdonnais.

Aux points de rencontre de ces deux directions, il était toujours ménagé une chambre carrée de 4,50 *m* de côté. Cette dimension correspondait à la longueur des tronçons de tuyaux dont étaient composées les conduites. Ces chambres étaient recouvertes par un plancher, dans lequel était ménagée une trappe ayant toute la longueur de la chambre, par laquelle les tuyaux étaient descendus au moment du montage et pouvaient être sortis en cas de réparation dans le cours de l'exploitation.

On disposait ainsi, à chaque croisement de galeries, d'un emplacement assez grand, très utile pour y placer à portée de la main, et dans des conditions de visite très faciles, les vannes, les purgeurs et tous les appareils accessoires des distributions d'eau et de vapeur.

Le radier de ces galeries se trouvait en moyenne à 4,20 *m* au-dessous du niveau du sol. Il avait, sur l'ensemble du réseau, deux pentes générales vers deux points raccordés avec les égouts des avenues de Suffren et de La Bourdonnais.

Ce raccordement était fait en forme de siphon empêchant les mauvaises odeurs des égouts de se répandre dans les galeries, et une grille à barreaux serrés s'opposait au passage des rats.

Les quatre galeries parallèles aux Avenues se prolongeaient jusque dans les bâtiments des chaudières, et étaient surmontées dans ces bâtiments par des cheminées d'appel, en briques, de 2,50 *m* de côté et de 15 *m* de hauteur.

L'air chaud des galeries, et la vapeur provenant de l'échappement des purgeurs, déterminaient dans ces cheminées une aspiration énergique qui ventilait les galeries souterraines et

évitait que l'air chaud qu'elles contenaient se répandit dans les Palais.

La coupe transversale de ces galeries montre comment les canalisations qu'elles devaient recevoir étaient placées dans les parties où la distribution de vapeur était la plus importante et comportait quatre canalisations principales *(fig. 1)*.

Sur ce même dessin, on voit comment étaient établis les différents branchements d'une machine à condensation. Les tuyaux de prise d'eau froide et de vapeur, ainsi que celui du retour d'eau chaude, étaient raccordés à des tubulures dont se trouvaient munies à l'avance les conduites maîtresses. En cas de non-utilisation, ces tubulures restaient fermées par des joints pleins montés au moment de la pose. Les trois tuyaux de branchement desservant une machine passaient par une ouverture ménagée dans la voûte, et à la suite de laquelle était construit un caniveau aboutissant dans le massif de fondation. Au moment de la construction de la galerie, cette ouverture avait été fermée par des madriers goudronnés, que l'exposant n'avait qu'à enlever s'il avait un branchement à établir.

Une disposition analogue se retrouvait tous les **4,40** *m*, cette longueur étant celle qu'avaient les tuyaux composant toutes les conduites. Dans toutes les parties où l'on pouvait prévoir qu'il y aurait à raccorder des prises d'eau et de vapeur, l'assemblage de ces tuyaux avait été fait avec des manchons à tubulures. Cette disposition un peu coûteuse avait dû être adoptée parce que l'on est obligé d'exécuter les travaux préparatoires des installations mécaniques des expositions à une époque où l'on ne possède de renseignement ni sur les machines et appareils que l'on aura à desservir, ni sur les emplacements exacts qu'ils occuperont; il faut donc être en mesure de répondre à tous les besoins susceptibles de se présenter. Ce résultat a été atteint ainsi qu'il vient d'être expliqué.

Les conduites d'eau et de vapeur reposaient sur des murettes, comme le montre la coupe transversale d'une galerie, et les canalisations accessoires d'eau à moyenne pression, de purge, d'air comprimé, etc., pouvaient se placer sur des pattes en fer qui avaient été scellées dans la maçonnerie des murettes au moment de leur construction. La faible épaisseur de ces dernières n'aurait pas permis de faire ce travail après leur exécution sans risquer de les démolir.

La construction de l'ensemble des galeries souterraines donna

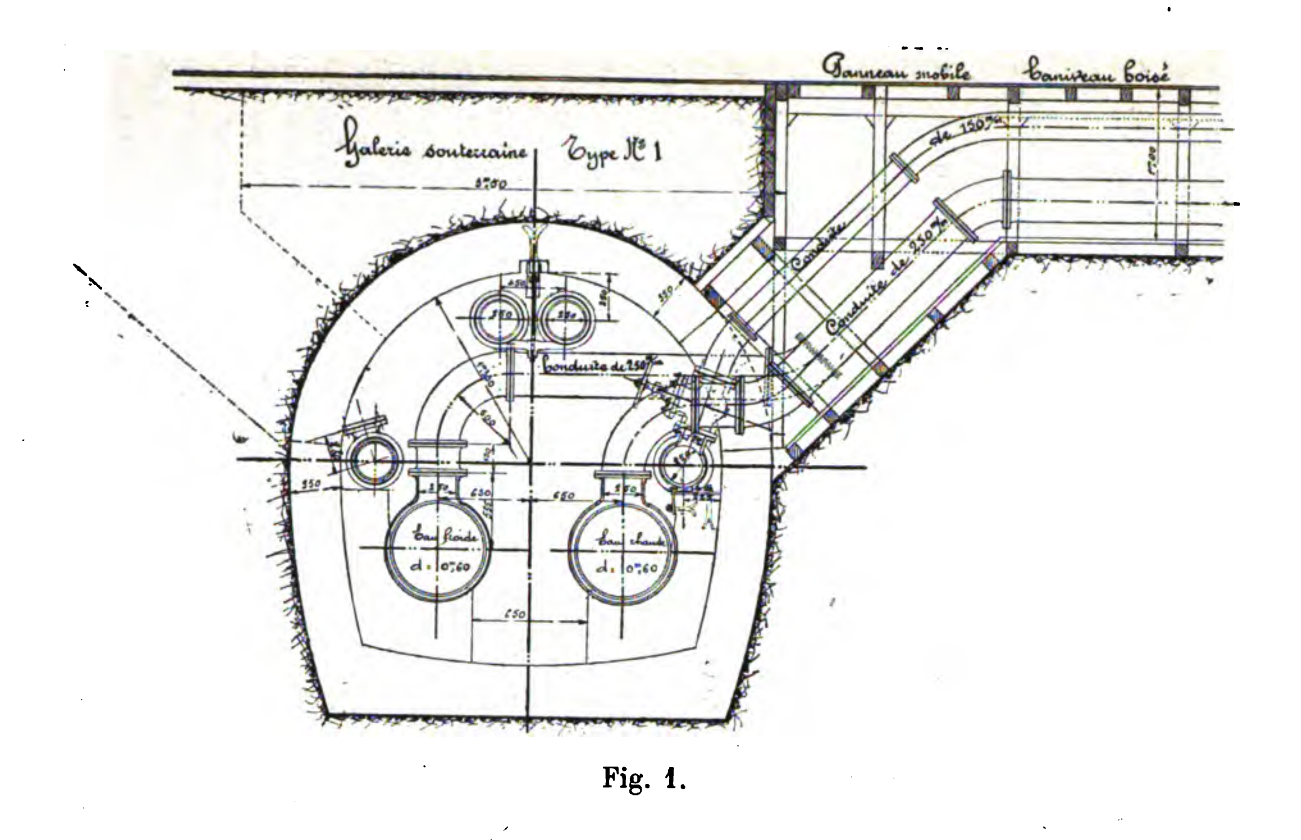

Galerie souterraine Type N° 1
Panneau mobile
Caniveau boisé
Conduite de 250 m/m
Eau froide d. 0m60
Eau chaude d. 0m60

Fig. 1.

lieu à un mouvement de terres considérable, en raison des dimensions qu'elles avaient, de l'importance du réseau, et de la profondeur à laquelle se trouvait le radier. Néanmoins, commencée en octobre 1898, elle fut achevée en moins de six mois. Au commencement de l'année 1899, on put donc procéder à la pose des tuyaux d'eau. M. Versillé, entrepreneur de Travaux publics, obtint l'adjudication de cette importante entreprise.

Conditions d'établissement des services de la force motrice.

On admit, pour déterminer les proportions générales des différentes parties des installations, que la force motrice absorberait 5000 *ch* et l'éclairage 15000 *ch*, soit en tout 20000 *ch*, et il fut décidé que les chaudières et la distribution d'eau devraient alimenter des machines produisant cette force.

En ce qui concerne les machines, il est évident que pour avoir 20000 *ch* fonctionnant, il fallait disposer d'une puissance totale de 35000 à 40000 *ch*, à cause de la variété des courants que l'on aurait à utiliser, et du roulement qu'il faudrait établir entre les machines, par suite de la durée du service.

En comptant 220 *l* d'eau de condensation par cheval et par heure, c'était donc 1200 *l* d'eau par seconde qu'il fallait pouvoir distribuer.

Pour la vapeur, en admettant une consommation de 10 *kg* par cheval et par heure, c'était 200000 *kg* de vapeur par heure, et même 220000 *kg* en comptant les rechanges, que les générateurs devaient pouvoir produire. La pratique a démontré l'exactitude de ces évaluations, puisque les installations faites avec ces données ont toujours permis d'assurer un service régulier.

Bien qu'il n'y eût que peu d'éclairage dans l'après-midi, on devait prévoir que ce serait pendant cette période que la consommation de vapeur atteindrait le maximum, parce qu'alors toutes les machines exposées, et une partie de celles du service de la force motrice, fonctionneraient comme objets exposés. En réalité, il en a été ainsi, et de 2 heures à 6 heures, il fallait tenir toutes les chaudières en feu et fournir 220000 *kg* par heure, tandis qu'en moyenne, pour la durée totale du service qui était de quatorze heures (de 9 heures et demie du matin à 11 heures et demie du soir) on produisait 150000 *kg*.

On vaporisait donc par jour 2100 m^3 d'eau, et par conséquent,

à raison de 7 *kg* de vapeur par kilogramme de charbon, compris l'allumage, la consommation de combustible pouvait atteindre 300 *t* par jour.

Distribution de l'eau à basse et à moyenne pression.

Pour se procurer la quantité d'eau à basse pression, indiquée ci-dessus, de 1 200 *l* par seconde, une installation spéciale de machines élévatoires était évidemment nécessaire. Elle fut faite, ainsi que la canalisation de distribution, par le service hydraulique, dont M. Meunier était l'Ingénieur principal. A la suite d'un concours qui fut ouvert entre les constructeurs français pour l'entreprise de la fourniture de l'eau à basse pression, la Société Française Worthington fut déclarée adjudicataire. Elle monta, dans un bâtiment spécial qu'elle construisit sur le bord de la Seine, à l'extrémité de l'avenue de Suffren, quatre pompes à action directe et à triple expansion, pouvant fournir chacune environ 380 *l* par seconde. Trois d'entre elles pouvaient donc fournir le cube demandé, sans compter un appoint de 300 *l* par seconde, que l'Exposition était autorisée à prendre sur les services de la ville. Il restait toujours ainsi une pompe en réserve.

Les moteurs de ces pompes étaient alimentés par des chaudières de la Société Française Babcock et Wilcox, à chargement automatique.

Ces pompes refoulaient l'eau, au moyen de canalisations en fonte, dans un bassin du Château d'Eau situé à la cote 47, c'est-à-dire à 11,40 *m* au-dessus du niveau général du Champ-de-Mars, qui est à la cote 35,60.

De ce bassin partaient une série de canalisations qui alimentaient tous les jets à basse pression et les jets paraboliques du Château d'Eau.

De plus, une canalisation de 0,300 *m*, qui partait également de ce bassin supérieur, formait la nourrice alimentant tout un réseau de distribution d'eau à moyenne pression, qui était monté dans les galeries souterraines et desservait les machines à papier, les moteurs à gaz, et en général, tous les appareils ayant besoin de quantités importantes d'eau sans grande pression, mais à un niveau supérieur à celui du sol. Pour ces appareils, l'eau à basse pression ne pouvait convenir parce que, comme nous allons le voir, elle était distribuée à un niveau inférieur à celui du sol.

L'eau que refoulaient les machines élévatoires, et qui ne s'écoulait ni par la conduite de distribution à moyenne pression, ni par celle qui alimentait les jets, tombait en cascade sur les différents gradins du Château d'Eau, et s'accumulait dans le bassin inférieur. Il en était de même de l'eau à haute pression prise sur la conduite de Villejuif, et qui provenait soit des gerbes à grande hauteur, soit du bouillonnement de la grotte supérieure du Château d'Eau. L'alimentation de ces derniers effets d'eau représentait un débit d'environ 300 *l* par seconde qui, ajoutés à ce que fournissaient les machines élévatoires, donnait en totalité les 1 200 *l* dont on avait besoin.

Le point de départ des conduites d'eau à basse pression pour le service des condenseurs était donc le bassin inférieur du Château d'Eau, dont la capacité formait une réserve d'environ 1 400 m^3. A l'état statique, la pression dans les conduites était ainsi donnée par le niveau même du bassin, qui était sensiblement celui du sol du Champ-de-Mars. Suivant qu'il était fait sur les conduites de distribution des prises plus ou moins importantes, leur niveau piézométrique pouvait s'abaisser, et, pour le débit maximum, descendre, en raison des pertes de charge, à 2 *m* au-dessous du niveau du sol. On voit donc qu'en général, l'eau n'arrivait pas en charge dans les condenseurs. Cette condition est d'ailleurs préférée par les constructeurs afin que, si la vanne de prise d'eau n'est pas absolument étanche, les cylindres des machines ne risquent pas, pendant les arrêts, de se remplir d'eau.

Toute la canalisation de distribution était établie en éléments de tuyaux de fonte du type employé par la Ville de Paris, la reprise de tout ce matériel par le service des eaux ayant fait l'objet d'une entente avec le service municipal, au moment de l'établissement du projet.

Ceci étant posé, la distribution d'eau était constituée de la manière suivante :

Deux tuyaux de départ de 0,80 *m* de diamètre étaient raccordés au bassin inférieur du Château d'Eau de part et d'autre de ce bassin, et s'engageaient dans les deux tronçons des galeries souterraines, perpendiculaires aux avenues de Suffren et de La Bourdonnais qui, à leurs extrémités opposées, débouchaient dans les égouts de ces deux Avenues. Chacune de ces conduites se bifurquait en deux autres de 0,60 *m* qui étaient montées dans les galeries souterraines parallèles aux mêmes Avenues, et ces con-

duites, par des branchements perpendiculaires, alimentaient celles qui étaient placées dans les galeries souterraines desservant les groupes électrogènes et les machines fonctionnant dans les deux galeries de 30 *m*, dans le Palais central de l'Électricité, et dans les deux halls situés de part et d'autre de la Salle des Illusions.

Des vannes de barrage existaient en certains points de la distribution, afin qu'en cas d'avaries on puisse faire les réparations sans interrompre tout le service. Ces vannes étaient placées dans les chambres construites aux points de croisement des galeries de directions perpendiculaires.

Un réseau général de canalisations destinées à recevoir les eaux chaudes provenant de la décharge des condenseurs pour les conduire à la Seine, fut monté dans les galeries souterraines, parallèlement aux conduites d'eau froide, avec des tuyaux de même type et de même diamètre. Sur cette canalisation, il n'y avait pas de vannes de barrage, mais, en certains points, on avait ménagé des communications avec l'extérieur, par des tuyaux d'évent, afin qu'il ne puisse se produire en aucun point un vide risquant d'occasionner des coups de bélier. En outre, des ouvertures de 0,250 *m* de diamètre pouvaient former des décharges dans les galeries souterraines, dans le cas où un afflux d'eau trop considérable aurait risqué de faire monter le niveau piézométrique dans la canalisation à une hauteur qui aurait gêné la décharge des condenseurs.

Comme il a été dit plus haut, ces canalisations étaient construites avec des tuyaux de fonte de 4,40 *m* de longueur, au moyen de manchons munis de tubulures de 0,200 ou 0,250 *m* de diamètre dans toutes les parties où il était à prévoir qu'il y aurait des machines. Ces tubulures étaient fermées par des joints pleins destinés à être enlevés par les exposants qui avaient des tuyaux à monter.

Les tracés des brides de ces tubulures avaient été donnés à tous les constructeurs auxquels ce renseignement pouvait être utile.

Production de la vapeur.

Nous avons vu précédemment qu'il fallait, aux heures de consommation maximum, pouvoir produire 220 000 *kg* de vapeur par heure.

C'est, en effet, à ce chiffre que s'est élevée la consommation dans le courant de la journée. La fourniture de cette quantité de vapeur était obtenue au moyen de 92 chaudières ayant ensemble une surface de grille totale de 396 m^2, ce qui correspondait à une production pratique de 590 *kg* par mètre carré, et une surface de chauffe totale de 15 000 m^2, à laquelle correspondait une production de 15,6 *kg* par mètre carré. 50 de ces générateurs formaient l'Usine La Bourdonnais et les 42 autres composaient l'Usine Suffren.

Dans chaque usine, ces chaudières étaient placées sur deux lignes parallèles, pour lesquelles les façades étaient tournées en sens inverse, en sorte qu'une série de foyers avaient leurs portes du côté d'un chemin de circulation carrossable longeant le Palais de la Mécanique, tandis que ceux de l'autre côté étaient desservis par le chemin longeant le Palais de l'Agriculture.

Sur chaque ligne, tous les foyers étaient placés suivant un même alignement, qui réservait une chaufferie de 4 *m* entre le devant des chaudières et la balustrade qui reliait les piliers du bâtiment et formait la limite des chemins de circulation. En arrière des deux lignes de chaudières, restait libre un passage dont la largeur variait un peu suivant la profondeur des différentes chaudières, mais avait toujours au moins 4 *m*.

C'est suivant l'axe de ce passage qu'était placée la voie ferrée dont il a été parlé plus haut, et sur laquelle arrivaient les wagons de charbon. Le passage ayant 4 *m* de largeur, soit 0,80 *m* de plus que le gabarit, il restait, de part et d'autre des wagons, un espace de 0,40 *m* permettant la circulation.

La largeur totale de l'espace réservé aux installations de générateurs dans chaque usine étant de 28 *m*. En déduisant de cette cote les chaufferies et le passage central, il restait disponible 16 *m*, ce qui permettait sur chaque ligne d'avoir des chaudières de 8 *m* de longueur. Quand cette dimension n'était pas atteinte, le constructeur disposait d'un espace où il pouvait faire un dépôt de charbon. Plusieurs générateurs de l'usine Suffren avaient, au contraire, une longueur supérieure à 8 *m* ; ils avaient alors été placés aux deux extrémités de l'usine, et parallèlement à la voie ferrée.

Travaux relatifs a l'installation des générateurs.

Dans l'organisation du service de la force motrice à l'Exposition de 1889, les fournisseurs de vapeur avaient eu à construire

leurs bâtiments ainsi que les carneaux de fumée, les cheminées et les canalisations générales de distribution correspondant à leurs chaudières. Si, pour l'Exposition de 1900, on avait laissé ces travaux accessoires de leurs installations à la charge des constructeurs, quitte à leur payer, comme on l'avait fait en 1889, la vapeur à un prix qui tienne compte de ces dépenses, beaucoup de constructeurs auraient été effrayés par l'importance qu'auraient eue les travaux complémentaires de leur installation de chaudières, et par la mise de fonds qu'ils auraient occasionnée. En outre, avec une combinaison de ce genre, tous les constructeurs qui n'auraient pu installer qu'une chaudière, ne pouvaient, pour ainsi dire, par se mettre sur les rangs pour être fournisseurs. Il fallait donc traiter sur d'autres bases pour se procurer l'énorme quantité de vapeur dont on avait besoin.

Ces considérations conduisirent l'Administration à se charger de tous les travaux accessoires de l'installation des générateurs, et à construire elle-même les bâtiments destinés à recevoir les chaudières, les carneaux généraux de fumée, les cheminées et les canalisations de vapeur.

Il était d'ailleurs tout naturel de donner aux constructeurs de générateurs qui, sont en même temps des exposants, les mêmes facilités qu'aux exposants des autres industries, qui n'ont que la charge et le souci de l'installation de leur matériel.

Batiments des chaudières.

Les bâtiments des chaudières étaient essentiellement des constructions industrielles. Ils formaient deux grands abris de 28 *m* de portée entre piliers et de 107 *m* de longueur, couverts en tôle ondulée. Suivant l'axe de la toiture, il existait, dans toute la longueur du faîtage, un lanterneau vitré qui éclairait et ventilait le centre de la construction, en offrant un large dégagement à la vapeur qui pouvait s'échapper parsuite de la levée des soupapes ou pour toute autre cause.

Les deux rampants de la toiture dépassaient d'environ 1,50 *m* l'alignement des piliers, afin d'abriter les visiteurs qui s'intéressaient au service des chaudières. Les piliers étaient reliés par un pan de fer spécialement étudié pour qu'il puisse servir à accrocher les collecteurs dans lesquels se déversait la vapeur fournie par les chaudières. Ces bâtiments, construits et fournis en location par MM. Moisant, Laurent et Savey, étaient très rigides

quoique très légers, car l'ensemble de la charpente et de la couverture ne pesait que 67 *kg* par mètre carré. La surface couverte de chacun des bâtiments de chaudières était de 3 276 m^2.

Carneaux de fumée.

La disposition adoptée pour l'installation des chaudières donnait le trace général des carneaux de fumée, étant admis, en principe, qu'une seule cheminée devait desservir chacune des deux usines et que chaque cheminée ne pouvait être placée qu'à l'extrémité du bâtiment correspondant près de l'avenue de Suffren ou de l'avenue La Bourdonnais.

Il est évident que les carneaux généraux devaient, en principe, être deux galeries parallèles, dirigées suivant l'axe longitudinal du bâtiment, et contournées à leur extrémité de façon à déboucher dans les fondations de la cheminée suivant les deux extrémités d'un même diamètre ; mais, dans la construction de ces carneaux, il était essentiel de prendre des dispositions spéciales en vue de :

1° Assurer un aussi bon tirage aux chaudières les plus éloignées de la cheminée qu'à celles qui en étaient les plus rapprochées ;

2° Éviter que les constructeurs aient, pour raccorder leurs carneaux particuliers aux carneaux généraux, à exécuter des travaux qui auraient pu nuire au tirage des autres chaudières ;

3° Réduire, autant que possible, le cube de terrassement et de maçonnerie, et par conséquent la dépense.

Ces résultats ont été obtenus de la manière suivante : on a supposé que les différentes batteries de générateurs formeraient, sur chaque ligne de chaque usine, cinq groupes distincts, d'une puissance productive de 11 000 *kg* de vapeur par heure, et dont les carneaux particuliers seraient successivement raccordés aux carneaux généraux.

Pour le groupe le plus éloigné de la cheminée, on construisit un petit carneau de 1,75 *m* de largeur sur 2 *m* de hauteur, dans lequel il était facile de faire déboucher, lors de la construction des fourneaux de chaudières, les conduites qui devaient y aboutir.

A l'emplacement prévu pour le raccordement du deuxième groupe, il fallait doubler la section primitive, et cette augmen-

tation fut faite dans le sens horizontal, en construisant un deuxième carneau semblable au premier, et à côté de celui-ci.

Ces deux carneaux réunis donnaient une section suffisante pour qu'en opérant leur réunion, on obtint une galerie de même hauteur que les précédentes, et dont la largeur était dans un rapport qui permettait une construction facile.

Pour l'addition des groupes suivants, l'augmentation de section se fit dans le sens vertical, au moyen d'approfondissements successifs qui formèrent une série de gradins de 0,90 *m* de hauteur, en sorte que la section finale avait une largeur égale à celle du premier tronçon, et une hauteur de 4,70 *m*.

En projetant sur une coupe transversale de cette dernière section les augmentations successives de profondeur, on voit très nettement l'utilisation totale de la surface. Dans les augmentations de section par approfondissement, les arrivées de gaz se faisaient suivant une disposition qui présentait un intérêt particulier et remplissait la condition que l'on s'était imposée, d'éviter que les constructeurs aient à faire des travaux de raccordement dans les carneaux généraux (*fig. 2 et 3*).

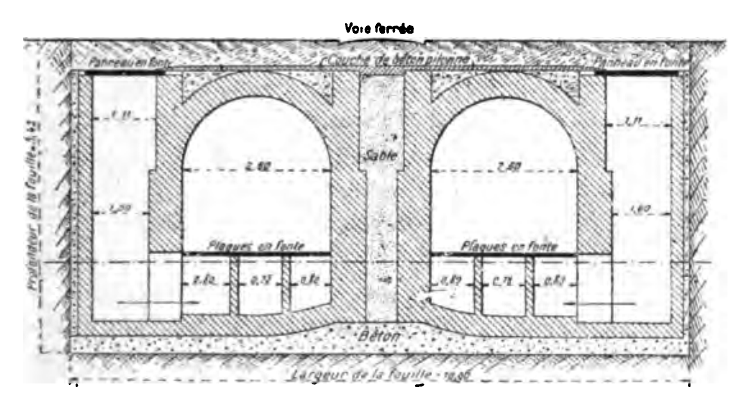


Fig. 2.

Il fut construit aux points choisis pour faire aboutir les conduites particulières des différents groupes, des séries de trois puits verticaux descendant jusqu'à la profondeur du radier des carneaux généraux. On fit déboucher ces puits, à leur partie inférieure, dans les carneaux, par trois ouvertures de 0,80 *m* de largeur sur 0,90 *m* de hauteur, dont les murs de séparation étaient prolongés par des cloisons circulaires. Ces cloisons étaient recouvertes par des plaques de fontes, dans lesquelles avait été

noyé un treillis métallique, pour empêcher les morceaux de tomber, dans le cas où la dilatation produirait des cassures. Les arrivées de gaz dans les carneaux généraux se faisaient ainsi au moyen de conduits qui lançaient bien les courants suivant la direction longitudinale des carneaux. En outre, les additions de

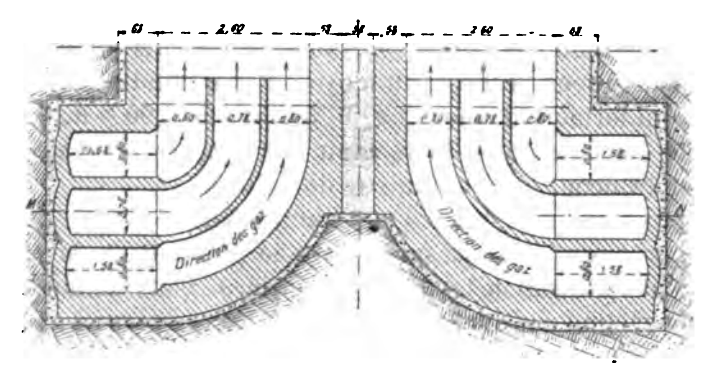


Fig. 3.

gaz venaient précisément remplir l'augmentation de section que l'on avait créée pour les recevoir. Cela paraît avoir beaucoup contribué à rendre presque égal le tirage de toutes les chaudières. D'autre part, on voit que cette disposition répondait bien, pour les raccordements des constructeurs, à la condition que l'on s'était proposée, puisque les conduits auxquels devaient aboutir leurs branchements particuliers étaient les puits verticaux, qui pouvaient être modifiés par ceux qui les utilisaient.

Le plan d'ensemble *(Pl. 2, fig. 1 à 10)* et les coupes transversales donnent sur la construction de ces carneaux des indications précises et complètes qui nous dispensent de tout développement ; nous ferons toutefois remarquer qu'à la partie supérieure, les piédroits des deux galeries sont prolongés jusqu'au niveau de l'extrados des voûtes. Les intervalles compris entre ces piédroits ont été remplis de béton, et tout l'ensemble de la construction a été recouvert d'une chape en ciment, rejetant sur les côtés l'eau qui aurait pu être répandue sur le sol et qui, si elle était venue en contact avec la brique chaude de la voûte, aurait pu déterminer des détériorations de la maçonnerie.

Les prolongements des piédroits étaient, en outre, destinés à constituer des points d'appui pour recevoir, au centre, la voie ferrée qui reposait sur les deux piédroits intérieurs espacés d'axe en axe de 1,50 *m*, et vers l'extérieur, les supports des chau-

dières dont certaines pièces, venant en surplomb au-dessus des carneaux, pouvaient avoir besoin d'être soutenues.

Aussi bien pour l'installation des chaudières que pour leur fonctionnement, ces différentes dispositions ont complètement répondu au programme qu'on s'était fixé.

En cours d'exploitation, d'assez nombreux relevés de la dépression ont été faits, et il a été constaté qu'entre la base de la cheminée et le point de raccordement des chaudières les plus éloignées, il y avait, aussi bien du côté Suffren que du côté La Bourdonnais, au maximum 5 *mm* de perte de charge. L'uniformité du tirage de toutes les chaudières a donc été obtenue d'une manière aussi complète que possible. Ce résultat qui, au moment de la construction n'a pas été sans donner une certaine préoccupation, avait une importance considérable ; car si, par suite de manque de tirage, la production de quelques chaudières s'était trouvée sensiblement réduite, on aurait manqué de vapeur et le service de l'éclairage et de la force motrice se serait trouvé compromis.

Une visite faite à l'intérieur des carneaux, après l'arrêt, a démontré qu'après les sept mois de marche, il y avait dans la partie comprise entre le gradin correspondant à la dernière arrivée de gaz et le pied de la cheminée, une couche d'environ 0,50 *m* de cendres.

Dans les autres parties des carneaux, les dépôts étaient nuls, et les arrivées de gaz du dernier gradin étaient complètement dégagées, le dépôt ne commençant qu'à environ 3 *m* de ces ouvertures.

S'il s'était agi d'une installation n'ayant pas une durée temporaire, l'exploitation aurait donc pu se faire pendant au moins un an, sans que des nettoyages fussent nécessaires.

Distribution de la vapeur.

En raison de l'importance de la consommation, la distribution de la vapeur était de beaucoup la partie la plus délicate de l'ensemble des installations mécaniques. Comme nous l'avons vu précédemment, le poids de la vapeur à distribuer s'élevait à 220 000 *kg* par heure, et les emplacements sur lesquels étaient réparties les machines auxquelles devait être fournie cette vapeur formaient une surface totale de 55 000 m^2. Ainsi, sans compter les conduites de dimension relativement faible, c'est-à-dire ayant

environ 100 *mm*, qui desservaient quelques classes n'ayant qu'une consommation restreinte, il a fallu, comme canalisation principale de 0,250 *m* de diamètre, un réseau général ayant 3 *km* de développement. La pression normale dans les conduites de distribution avait été fixée à 10 *kg*, d'accord avec le Comité consultatif des machines. Cette pression, fort élevée pour une distribution aussi étendue, avait été reconnue nécessaire pour faire produire aux machines la force que l'on pouvait être appelé à leur demander en service régulier, et pour les faire fonctionner dans des conditions correspondant à la marche normale pour laquelle elles avaient été établies.

En principe, il est évident que la consommation n'était pas uniforme en tous les points des Palais de la Mécanique et de l'Électricité, et que, pour satisfaire aux différents besoins, il aurait fallu des canalisations de diamètres variables. Suivant cette disposition, on serait parti de chaque usine de chaudières avec une ou deux conduites de gros diamètre, se bifurquant dans chaque galerie souterraine en une conduite d'un diamètre correspondant à la consommation des machines desservies. La réalisation d'une distribution ainsi établie eût été excessivement compliquée, et elle aurait eu le grave inconvénient de paralyser la marche d'un grand nombre de machines, en cas de fuites sur la conduite de départ des chaudières. En outre, la commande d'un matériel composé d'éléments aussi divers n'aurait pu être faite que lorsque l'on aurait été exactement fixé sur les quantités de vapeur qu'il y avait à fournir en exploitation dans les différentes parties des Palais.

Pour ces motifs, on s'est arrêté à une combinaison consistant, aussi bien pour recueillir la vapeur produite par les différentes chaudiéres, que pour la distribuer aux machines, à adopter une canalisation type d'un diamètre unique rentrant dans les dimensions commerciales, afin que le matériel puisse être obtenu en location, et à multiplier le nombre des conduites, de façon à débiter en chaque point les quantités nécessaires avec une vitesse qui ne crée pas de trop grandes pertes de charge. Ce procédé avait aussi le grand avantage de permettre de constituer l'ensemble de la canalisation au moyen de pièces de série, consistant en bouts droits de différentes longueurs, coudes au quart, coudes au huitième, etc. Ces pièces, dont le nombre était détérminé par un avant-projet établi avant même que l'on puisse déterminer l'importance de la consommation dans les différentes

parties des Palais, pouvaient être commandées à une époque qui en assurait la livraison en temps utile; puis si, au moment du montage, la répartition des machines rendait nécessaire quelques modifications de l'avant-projet, les éléments dont on disposait permettaient toujours d'établir définitivement la canalisation suivant le tracé que les circonstances conduiraient à adopter.

Ce programme étant admis, on adopta la canalisation de 0,250 *m*, et on forma dans chaque bâtiment de chaudières deux groupes de quatre canalisations, correspondant aux deux galeries souterraines qui aboutissaient dans ces emplacements.

La production de chaque usine étant de 110000 *kg* de vapeur par heure, chaque groupe de quatre conduites devait donc débiter 55000 *kg*; de telle sorte, la vitesse par seconde à la pression de 10 *kg* était de 16,10 *m*, chiffre assurant une bonne distribution.

Si nous examinons maintenant de quelle façon étaient montées les canalisations, nous voyons que sur chacun des côtés des bâtiments de chaudières étaient fixées au pan de fer qui reliait la partie supérieure des piliers, tantôt une, et tantôt deux canalisations, suivant le nombre de chaudières devant lesquelles passaient les conduites, et dont il y avait à recueillir la vapeur.

Les tuyaux venant de la façade voisine du Palais de l'Agriculture traversaient le bâtiment, étant soutenus au moyen de colliers et de câbles en fil de fer attachés à la charpente.

Les deux groupes de quatre canalisations ainsi disposées dans chaque Usine arrivaient, au moyen de coudes et de parties verticales, sur les tubulures d'un collecteur formant séparateur d'eau et bouteille de distribution.

Pour arrêter l'eau entraînée par la vapeur, la bouteille était disposée comme suit : les tubulures de départ de vapeur qui étaient placées en dessous de celles d'arrivée, se prolongeaient à l'intérieur un peu au-dessus du centre, et les extrémités de ces prolongements étaient recouvertes par un écran qui rejetait l'eau contre les parois de la bouteille *(fig. 4 et 5)*; un petit espace était ménagé entre ces parois et la cornière d'attache de l'écran, pour lui permettre de s'écouler dans le fond de la bouteille sans quitter le contact de la tôle; la capillarité l'empêchait ainsi de se remélanger à la vapeur. La vidange de ce récipient s'effectuait par une tubulure munie d'un T, sur lequel étaient branchés un purgeur automatique et un purgeur à main. Au moyen d'un

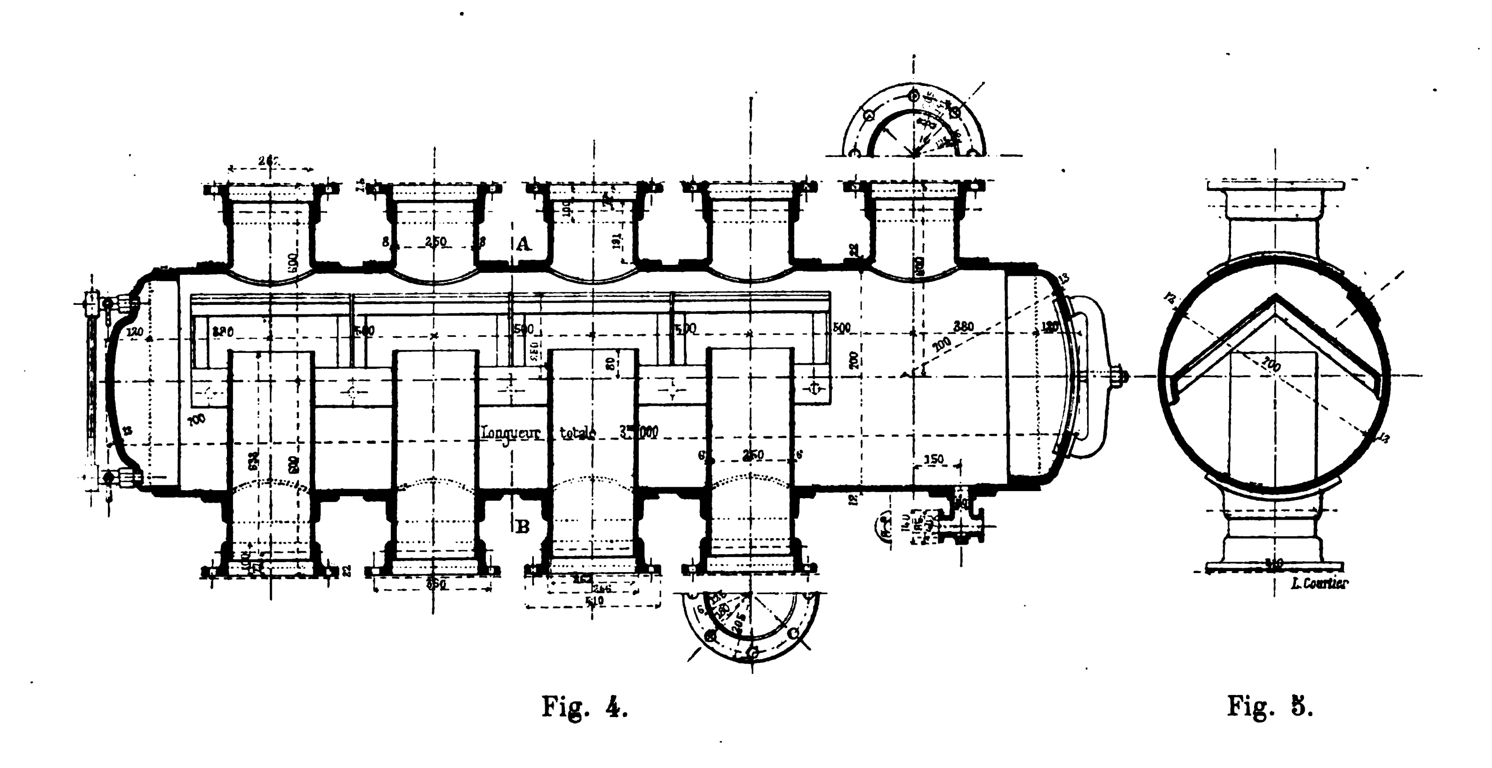


Fig. 4.

Fig. 5.

niveau, on voyait à quelle hauteur se trouvait l'eau dans la bouteille, et si on constatait que, par suite de l'insuffisance de débit du purgeur automatique, le niveau avait tendance à s'élever, on ouvrait le purgeur à main.

Considérés comme bouteilles de distribution de vapeur, les collecteurs ci-dessus décrits ont permis de faire le service avec beaucoup de commodité et une grande sécurité. Chaque collecteur de vapeur était muni de vannes, aussi bien sur les tubulures supérieures servant à l'arrivée de la vapeur, que sur les tubu lures inférieures, par lesquelles s'effectuait le départ. Une cinquième tubulure, placée sur le dessus du collecteur, était également munie d'une vanne et servait à établir, par une canalisation du diamètre type de 0,250 *m*, la communication entre les deux collecteurs d'une même usine; de cette façon la vapeur fournie par les chaudières qui étaient raccordées au collecteur n° 1 pouvait être distribuée aux machines alimentées par le collecteur n° 2. Ce système des deux collecteurs avec leurs jeux de vannes constituait donc à la fois une distribution spéciale, en ce sens qu'ayant en feu une chaudière déterminée, on pouvait l'utiliser à faire marcher l'une quelconque des machines dont on aurait eu besoin, et une distribution générale, parce que l'ensemble de toutes les chaudières concourait en service normal à fournir la vapeur à toutes les machines qui fonctionnaient.

Les réseaux de distribution des usines Suffren et La Bourdonnais avaient été mis en communication avec des précautions toutes spéciales par les canalisations placées dans des galeries souterraines Ce qui vient d'être dit des conditions dans lesquelles pouvait être faite la distribution, s'applique donc non seulement à chaque usine, mais aussi à l'ensemble de toute l'installation. Toutefois, des considérations de sécurité conduisirent à réserver l'usage de cette communication aux cas où il aurait été impossible d'assurer le service en laissant les deux usines indépendantes. Ce cas ne s'étant pas présenté, il n'a jamais été nécessaire d'ouvrir la vanne qui, en marche norm le, interceptait cette communication d'une usine à l'autre.

Examinant la disposition des collecteurs de distribution. on voit de suite qu'au moyen des vannes d'arrivée et de départ de vapeur, lorsqu'une fuite assez importante pour obliger l'arrêt de l'une des conduites des chaudières ou des machines venait à se déclarer, on pouvait isoler ladite conduite sans avoir à descendre dans les galeries souterraines.

Au point de vue de la sécurité, cette disposition était particulièrement avantageuse, car dès qu'un dégagement de vapeur un peu violent se produisait dans les Palais, on pouvait sans aucune hésitation l'arrêter par la fermeture de la vanne correspondante du collecteur. Pour que cette mesure fût efficace, on avait eu le soin de ne jamais établir de communication entre deux conduites maîtresses, en sorte que les 16 canalisations composant l'ensemble de la distribution restaient indépendantes depuis leur point de départ jusqu'à leur extrémité (*fig. 1, Pl. 2*).

Depuis le matin jusqu'au soir, un homme était de service à chaque collecteur, toujours prêt à effectuer les manœuvres que les Ingénieurs ou Inspecteurs pouvaient avoir à lui commander.

Afin que l'on sache de suite la vanne qu'il fallait fermer, suivant le point des Palais où une avarie se serait produite, au dessus de chaque collecteur était placé un tableau représentant le schéma des canalisations auxquelles il était relié, et le simple examen de ce tableau, indiquait sans erreur possible la canalisation qu'il fallait mettre hors circuit (*fig. 6*).

C'est ainsi que, dans le courant de juillet, un branchement de machine exposée, de 0,160 *m* de diamètre s'étant ouvert sur 0,80 *m* de longueur sous une pression de 10 *kg*, en moins d'une minute et demie tout dégagement de vapeur cessa, et cette véritable explosion ne causa ni accident de personne, ni dégât matériel, ni interruption de service.

En ce qui concerne le matériel des collecteurs, deux dispositions accessoires présentant un certain intérêt sont encore à signaler. Il était essentiel que la mise en charge des canalisations ne fût jamais faite brusquement, afin que la dilatation ne déterminât que des poussées progressives sur les appareils destinés à la compenser, et que des condensations trop abondantes ne risquassent pas de produire des coups d'eau, desquels seraient résultés des accidents graves.

Ce résultat très important fut obtenu d'une façon tout à fait efficace, en munissant de by-pass les vannes de départ et celles qui servaient à établir la communication entre les deux collecteurs d'une même usine. Les robinets de ces by-pass avaient 20 *mm* de diamètre ; en les ouvrant complètement, on n'envoyait dans les conduites qu'une quantité de vapeur relativement faible, en sorte que l'échauffement se produisait progressivement en ne fournissant qu'une quantité d'eau de condensation que les purgeurs automatiques pouvaient toujours débiter. Peu

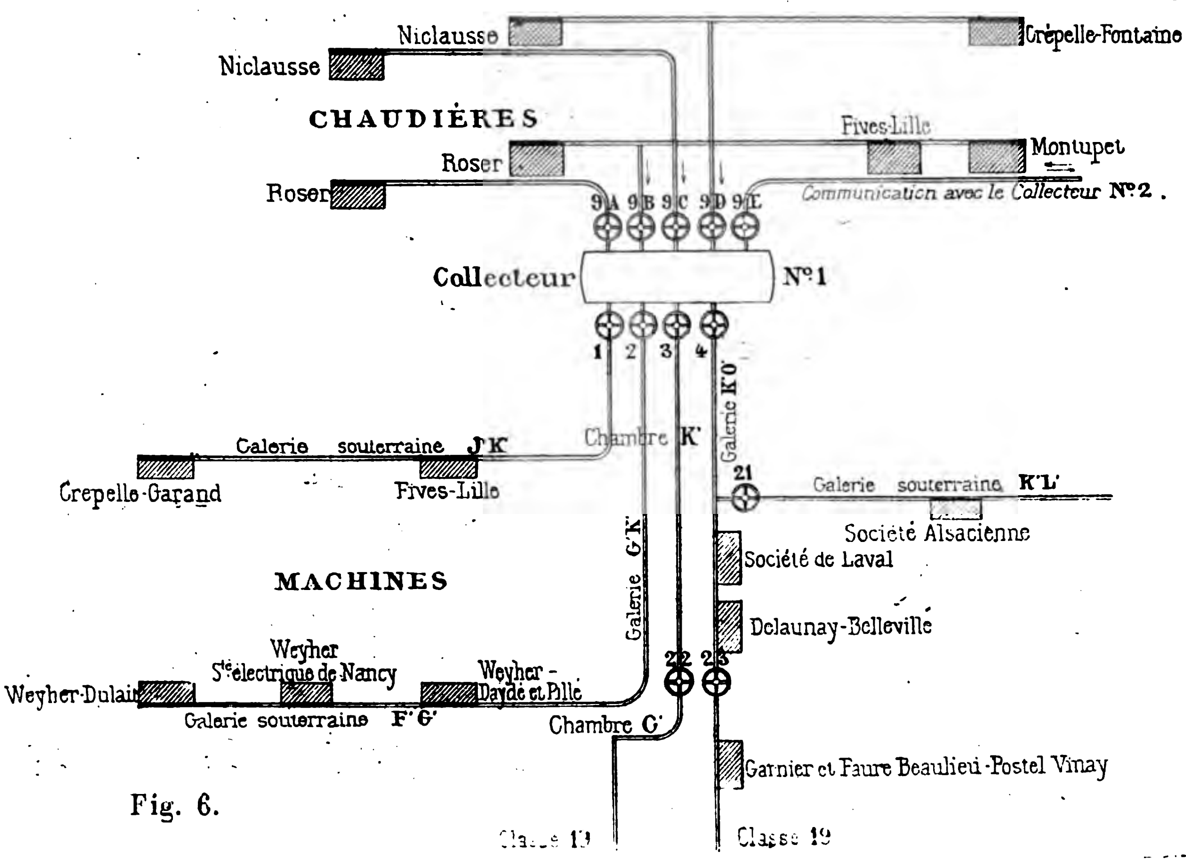

SCHÉMA DE DISTRIBUTION DE LA VAPEUR DANS L'USINE LA BOURDONNAIS
Niclausse
Niclausse
Crépelle-Fontaine
CHAUDIÈRES
Fives-Lille
Roser
Roser
Montupet
Communication avec le Collecteur N°2.
9A 9B 9C 9D 9E
Collecteur
N°1
1 2 3 4
Galerie K'O'
Chambre K'
Galerie souterraine J'K'
Crepelle-Garand
Fives-Lille
21
Galerie souterraine K'L'
Société Alsacienne
Société de Laval
Delaunay-Belleville
MACHINES
Galerie G'K'
Weyher
Ste électrique de Nancy
Weyher-Dulait
Weyher - Daydé et Pille
Galerie souterraine F'G'
22
23
Chambre C'
Garnier et Faure Beaulieu-Postel Vinay
Classe 19

Fig. 6.

à peu, l'équilibre de pression s'établissait des deux côtés de la vanne, en sorte que, lorsqu'on voulait l'ouvrir, la manœuvre n'exigeait qu'un faible effort, et se faisait sans à-coups. Pendant les 25 ou 30 minutes que durait la mise en température de la conduite, on pouvait la visiter sans courir aucun risque, puisqu'elle ne recevait la vapeur que par un orifice de faible dimension.

Aux avantages de cette disposition, s'ajoutaient ceux que donnait l'emploi de l'air comprimé. Les galeries souterraines étant pourvues d'une conduite de distribution de la Compagnie Parisienne de l'Air Comprimé, les tuyaux des by-pass avaient été munis d'un raccord auquel était fixé un robinet permettant de mettre les canalisations de distribution de vapeur en charge avec de l'air comprimé.

La pression dont on disposait ainsi purgeait complètement d'eau les conduites et les récipients établis en plusieurs points pour recueillir les condensations, si, à certains moments, celles-ci étaient trop abondantes pour que les purgeurs pussent les évacuer.

Cet air comprimé permettait aussi, lorsque l'on n'avait pas de vapeur, et en particulier pendant les visites que faisaient les équipes de nuit, de mettre en charge les conduites dont on avait besoin de vérifier l'étanchéité. On trouvait ainsi les fuites sans s'exposer au moindre danger.

Des vannes inférieures des collecteurs partaient les canalisations de distribution qui s'engagaient dans les galeries souterraines. Dans la première partie de ces galeries il y avait donc quatre canalisations, deux d'entre elles étaient placées sur les côtés de la galerie; les deux autres étaient soutenues au moyen de supports suspendus à la voûte. Arrivées à la première chambre de raccordement des galeries, certaines canalisations étaient détournées dans une direction perpendiculaire, pour desservir un des côtés de la galerie des groupes électrogènes et le Palais central. Les autres continuaient tout droit, pour fournir de la vapeur dans la traversée et sur le second côté de cette galerie de 30 m ainsi qu'aux machines exposées dans les Palais de la Mécanique proprement dit, c'est-à-dire dans les Palais construits par M. Paulin.

Un plan avec des traits différents montre d'une façon assez nette tout l'ensemble de la distribution (*fig.* 2, *Pl.* 1). Les branchements des constructeurs étaient toujours raccordés aux con-

duites qui reposaient sur les murettes, parce qu'elles étaient solidement soutenues et parce que les vannes qui étaient montées sur les tubulures de prise des branchements étaient ainsi bien accessibles.

Les canalisations suspendues à la voûte étaient pour ainsi dire des feeders destinés à conduire la vapeur aux points les plus éloignés, et elles étaient descendues sur les murettes aussitôt que celles-ci étaient libres par suite de l'épuisement que les conduites inférieures avaient subi dans la première partie du parcours des galeries.

Quelle que soit la pente du radier des galeries, le montage des canalisations de vapeur avait toujours été fait dans des conditions telles, qu'elles avaient une légère pente dans le sens où devait se produire l'écoulement de la vapeur. C'est là un principe qu'il parait essentiel d'appliquer dans l'installation de canalisations de vapeur de cette importance.

A leurs extrémités, les conduites étaient fermées par un tampon muni à sa partie supérieure d'une tubulure de 70 *mm* de

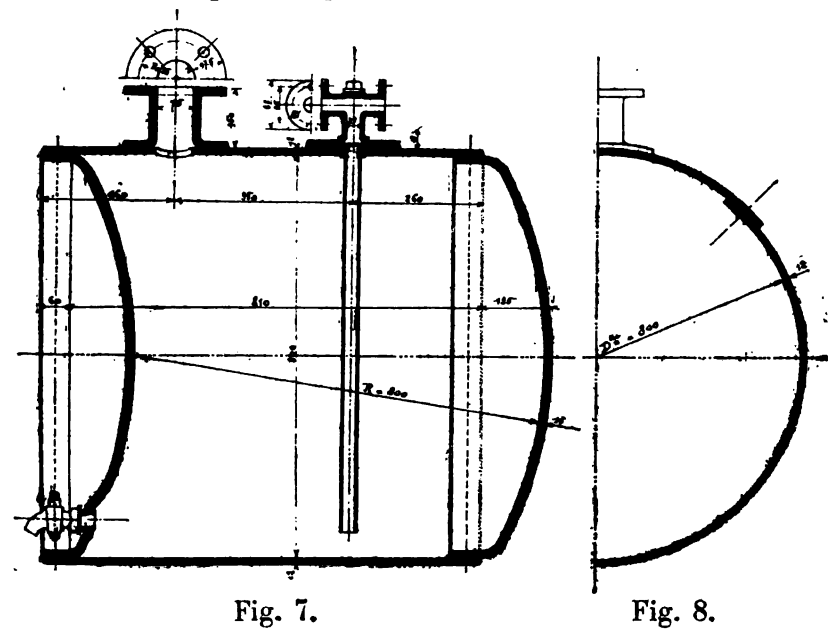


Fig. 7. Fig. 8.

diamètre, à laquelle était fixé un tuyau aboutissant à un récipient ayant environ une capacité de deux tiers de mètre cube et formant bouteille de purge (*fig. 7 et 8*). Sur chacun de ces récipients étaient montés deux purgeurs automatiques système

Geipel de 15 *mm*, dont la décharge s'effectuait dans une conduite générale de purge. Cette canalisation, qui existait dans toutes les galeries souterraines où il y avait une distribution de vapeur, était divisée en quatre réseaux distincts, correspondant aux quatre cheminées d'appel. C'est d'ailleurs en ces points qu'aboutissaient ces conduites, et leurs extrémités débouchaient dans un appareil séparateur qui laissait la vapeur s'échapper par la cheminée d'appel, tandis que l'eau s'écoulait sur le radier de la galerie.

Quand, sur une canalisation, il y avait une vanne permettant d'isoler certains tronçons, en avant de cette vanne par rapport au sens du courant, il y avait toujours un purgeur automatique, afin qu'en cas de fermeture de la vanne, il ne puisse pas se produire d'accumulation d'eau.

L'ensemble de la distribution comprenait 70 purgeurs.

Les purges permanentes des machines étaient également raccordées à la même conduite que les purgeurs automatiques. Les purgeurs temporaires, que l'on ouvrait momentanément à la mise en route étaient reliés aux décharges des condenseurs.

Pour compenser les effets de dilatation, toutes les conduites avaient été divisées en tronçons ayant environ 30 *m* de longueur, entre lesquels était intercalée une pièce formant simplement point fixe, si le tronçon considéré était libre à son extrémité, ou bien point fixe pour l'un des tronçons, et en même temps boite à dilatation pour celui qui le précédait.

A la pression de 10 *kg*, cette longueur de 30 *m* donnait environ 65 *mm* de dilatation. Un branchement de machine fixé à une tubulure subissant cette dilatation devait avoir une flexibilité suffisante pour éviter les ruptures de joints. Cette observation montre bien que la longueur de 30 *m* était un maximum qui, s'il avait été dépassé, aurait risqué de soumettre les tubulures des branchements et les joints à des efforts excessifs.

Les boites à dilatation étaient de grands presse-étoupes dont la boite à étoupe était solidement fixée à un fort ancrage scellé dans la maçonnerie de la galerie *(fig. 9)*.

Ces presse-étoupes étaient construits de telle sorte qu'il n'y avait frottement qu'entre des pièces de bronze. Ils étaient généralement placés aux points où les galeries débouchaient dans les chambres, en sorte qu'il était facile de les visiter et de les entretenir. Cette disposition avait aussi l'avantage de placer entre une série de points fixes, les vannes, les coudes, et en

général toutes les pièces spéciales de la distribution qui n'avaient pas ainsi à subir la poussée des longueurs de conduites montées dans les galeries souterraines. Les canalisations qui étaient placées

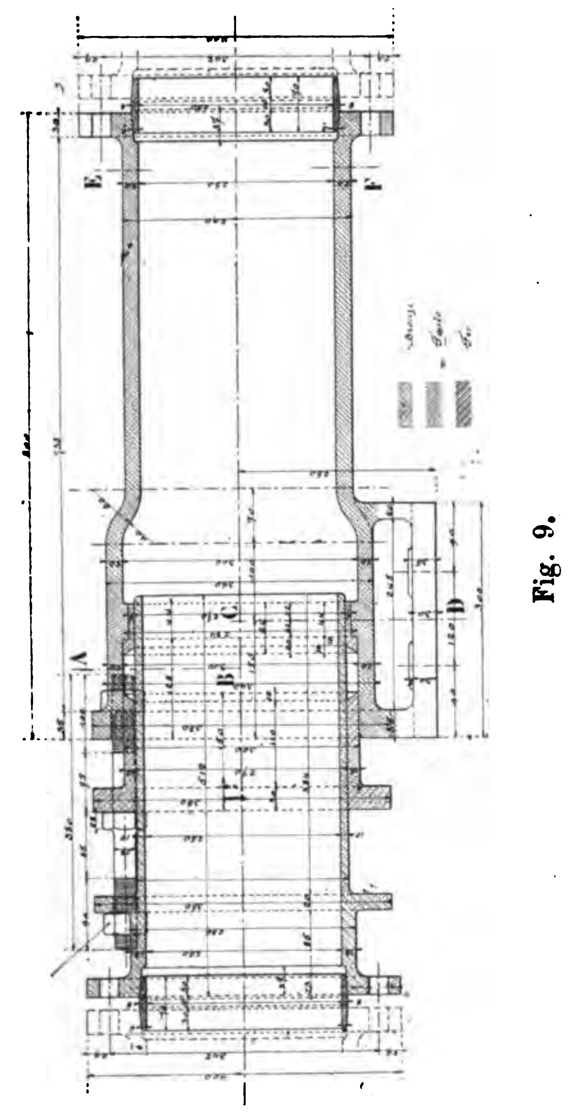


Fig. 9.

sur les murettes reposaient sur des supports à galets facilitant les déplacements dus à la dilatation.

Pour les conduites suspendues à la voûte, les déplacements s'opéraient au moyen d'un balancement de la tige de suspension du support.

Concours pour la fourniture de la canalisation.

Le projet de la canalisation générale de distribution de la vapeur ayant été établi sur les bases qui précèdent, l'Administration mit au concours entre les constructeurs spécialistes la fourniture en location du matériel, le montage et l'entretien pendant la durée de l'exploitation. Cette combinaison avait l'avantage de laisser aux constructeurs la facilité de présenter le mode de construction qu'ils pouvaient réaliser le plus rapidement et le plus économiquement, et d'adopter, pour le matériel accessoire, les types d'appareils qu'ils construisaient couramment, et dont ils pouvaient avoir le placement après l'Exposition, puisque l'on avait adopté une dimension de canalisation encore employée dans l'industrie.

A la suite de ce concours, sur la proposition du Jury qui avait été chargé de l'examen des propositions, et dont M. Walckener, Ingénieur en chef des Mines, fut le rapporteur, la commande a été donnée à un consortium formé par la Société des Générateurs Mathot, qui construisit les tuyaux et pièces accessoires, la Mai-

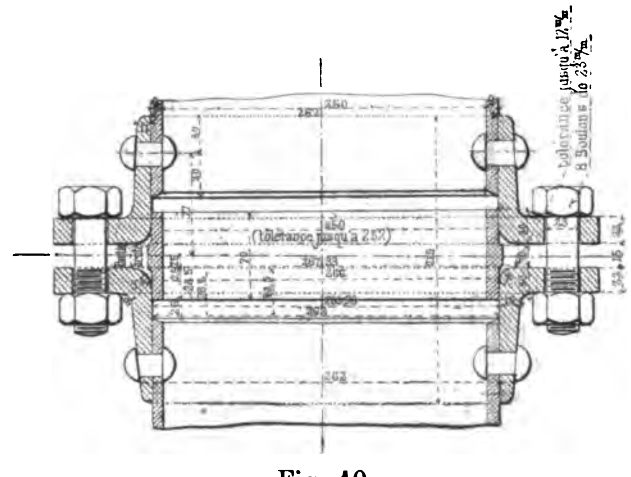


Fig. 10.

son Muller et Roger, qui se chargea de la fourniture des vannes, boites à la dilatation, purgeurs automatiques et pièces diverses de robinetterie, et la maison Supervieille et Pellier, qui entreprit la pose et l'entretien pendant la période d'exploitation.

Ces trois constructeurs agissaient conjointement et étaient soli-

dairement responsables. Les tuyaux furent fabriqués en tôle d'acier rivée. Ils étaient munis à leurs extrémités de brides cornières alésées coniques, et leur jonction se faisait au moyen de bagues biconiques suivant la disposition adoptée dans les éléments de chaudières et dans les canalisations des générateurs De Naeyer. Ce système de joint, qui avait déjà été appliqué avec beaucoup de succès à une canalisation importante montée en 1889 par la maison De Naeyer, donna encore de très bons résultats (*fig. 10*). La bague conique constitue un joint qui ne se brûle jamais et qui, lorsqu'il fuit, peut généralement être rendu étanche simplement en resserrant les boulons, à condition toutefois que le montage ait été bien fait. Une canalisation ainsi établie présente une certaine élasticité, qui permet aux poussées résultant de la dilatation d'être progressives. En employant, lorsque cela est nécessaire, des bagues dont les deux cônes forment un certain angle, on peut obtenir de petits changements de direction, qui souvent facilitent les raccordements (*fig. 11*). Enfin, pour

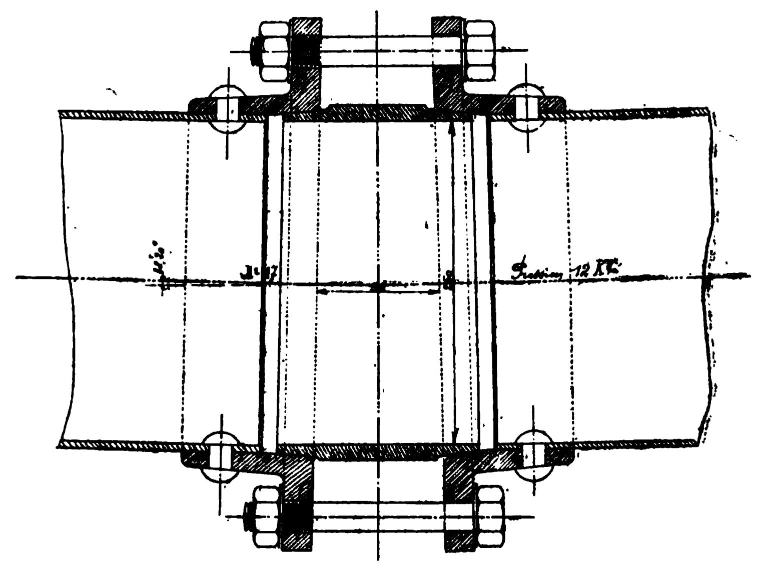


Fig. 11.

jonctionner deux canalisations qui doivent se raccorder et dont la longueur correspond, à une petite différence près, à un nombre exact de tuyaux, ou bien pour arriver à placer une tubulure à un point exactement déterminé, on peut employer des bagues de longueurs différentes. Certaines bagues, dans la canalisation

de l'Exposition, avaient jusqu'à 0,80 *m* de longueur, et elles se sont parfaitement comportées.

Les coudes, les T composant les pièces spéciales de séries, devaient être en acier coulé. Mais les difficultés que l'on eut à se procurer dans un délai suffisamment court les pièces dont on avait besoin, obligèrent à employer un certain nombre de pièces en fonte d'une épaisseur qui donnait des garanties suffisantes au point de vue de la résistance, même dans le cas où il se serait produit des coups d'eau. Les vannes, entièrement en bronze, étaient du système bi-valve construit par la maison Muller et Roger.

Pour les purgeurs automatiques on adopta le système Geipel, présenté par les constructeurs.

Une question d'ordre secondaire, qui avait cependant une assez grande importance était celle du calorifuge, parce qu'il fallait restreindre la dépense, et être assuré d'une pose très rapide.

Les enduits ne sont pas très coûteux, mais il faut généralement les appliquer quand les conduites sont en pression. Il n'eût pas été prudent, surtout dans les premiers temps, de faire travailler des hommes dans les galeries pendant que les conduites étaient en charge, et l'application de ces enduits aurait demandé beaucoup trop de temps. Il était préférable de rechercher un système d'enveloppe se présentant sous la forme de feuilles ou de bandes que l'on put à l'avance couper de longueur, pour n'avoir qu'à les enrouler. Un produit dont MM. Grouvelle et Arquembourg ont fait breveter l'emploi comme calorifuge parut remplir cette dernière condition, et être en même temps d'un prix peu élevé. Ce produit est simplement le papier, ondulé d'un côté et lisse de l'autre, avec lequel on enveloppe les lampes à incandescence. En enroulant ce papier autour des conduites de vapeur, les ondulations ne rentrent pas les unes dans les autres à cause de la surface extérieure qui est lisse, en sorte que l'enroulement produit une série de couches d'air qui s'opposent à la déperdition de la chaleur. En faisant faire quatre tours à la bande de papier, on diminue les condensations de près de 75 0/0.

Le papier se fabrique en rouleaux de grande longueur, et de 1,20 *m* de largeur, en sorte que le découpage des bandes est très facile et la mise en place très rapide. S'il se présente une tubulure ou un obstacle quelconque, avec des ciseaux on découpe la feuille de papier. Il faut, bien entendu, ignifuger le papier. On emploie pour cela une dissolution de silicate de soude à 28°

Beaumé, et on y ajoute 5 *kg* de borax pour 100 *l* de dissolution. On trempe les feuilles pendant une demi-heure dans ce bain, et on les fait sécher.

Pour compléter l'ignifugeage, on peut badigeonner le papier avec une dissolution contenant, par litre d'eau, 0,200 *kg* de phosphate d'ammoniaque et 0,100 *kg* de borax.

Pour des pressions de 5 à 6 *kg* le papier peut être appliqué directement sur le métal ; pour des pressions supérieures, il faut éviter le contact immédiat, et, pour cela, on enroule autour du tuyau, en spires espacées d'environ 0,30 *m*, une corde d'amiante de 3 à 4 *mm* de diamètre.

Pour la vapeur surchauffée, ce calorifuge ne convient pas.

Établie ainsi qu'il vient d'être dit, la distribution de vapeur a donné des résultats satisfaisants, et malgré la durée du service, et il fut bien rare que les 16 canalisations composant l'ensemble du réseau ne fussent pas en état de recevoir la vapeur le matin à 9 heures.

Installation des Machines.

La mise en mouvement de toutes les machines exposées ne pouvait se faire, en raison du mode de classement adopté, qu'au moyen d'une distribution d'énergie électrique. On fut ainsi conduit à n'admettre comme machines utilisées pour le service de la force motrice et de l'éclairage, que des groupes électrogènes, c'est-à-dire des moteurs sur les arbres desquels étaient montées des dynamos. Il ne fut malheureusement pas possible de placer toutes les machines dans les galeries de 30 *m* qui, en principe, leur avaient été destinées, et pouvaient seules être munies d'appareils de levage. Les machines suisses, qui étaient toutes du type horizontal, furent réunies dans les galeries du Palais de M. Paulin. Les machines autrichiennes, hongroises et des Pays-Bas, furent montées dans les deux halls construits de part et d'autre de la Salle des Illusions. Enfin, les machines de la maison Tosi, dont l'envoi à l'Exposition ne fut décidé que longtemps après que la répartition des emplacements avait été notifiée aux différentes puissances, durent être installées dans l'espace attribué à l'Italie, c'est-à-dire dans la partie du Palais Central qui était recouverte d'un plancher. Une assez grande machine russe, qui n'était pas utilisée pour la force motrice, mais fonctionnait, était également montée dans les mêmes conditions, au centre même du Palais.

L'examen des galeries souterraines montre comment toutes ces machines étaient alimentées en vapeur et en eau.

Si nous examinons spécialement l'installation des machines placées dans les galeries de 30 *m* des sections française et étrangères, nous voyons qu'elles se présentaient suivant deux dispositions assez différentes. Celles-ci étaient résultées des deux systèmes de construction adoptés pour les appareils de levage de ces galeries.

Appareils de levage.

Le service d'architecture ayant craint que les vibrations que déterminerait le mouvement de ponts roulants aussi puissants que ceux qu'il était question d'installer, pût compromettre l'étanchéité des vitrages, demanda que les chemins de circulation des ponts fussent tout à fait indépendants de la charpente. En tenant compte de cette prescription, M. Guyenet, Ingénieur principal de la manutention et des appareils de levage, fit l'étude d'un pont roulant dont la poutre était surmontée d'un arc, à la clé duquel était fixée une suspension qui venait soutenir la poutre en son milieu, suivant la disposition qui a été ensuite adoptée dans la construction du portique roulant construit par la maison Flohr pour le service de la galerie de 30 *m*, sections étrangères. Dans ce projet, les chemins de circulation établis comme il vient d'être indiqué, se trouvaient à la hauteur du plancher du premier étage.

A la suite d'un concours ouvert pour la construction et l'installation de cet important matériel, les propositions qui furent soumises par les constructeurs atteignirent des sommes tellement élevées, par suite des obligations imposées par le service d'Architecture, qu'il fallut avoir recours à d'autres combinaisons.

Le service mécanique, pour faciliter l'installation des machines, proposa une solution pour ainsi dire inverse de celle qui avait été étudiée, et qui ramenait le chemin de roulement de l'appareil de levage dans le centre de la galerie. Cet appareil était une grue pivotante et roulante, du type connu sous le nom de Grue Titan.

La maison Flohr, avec laquelle des pourparlers avaient été engagés pour la construction de l'appareil de levage destiné à la galerie de 30 *m*, côté étranger, insista pour conserver la disposition générale du pont roulant dont le dessin avait été annexé

au programme du concours, en le transformant en un portique pouvant se déplacer sur deux chemins de roulement établis sur le sol. Ce magnifique appareil a attiré l'attention de tous les visiteurs par son élégance et sa belle construction, en même temps que les Ingénieurs compétents ont apprécié la régularité de son fonctionnement.

La grue Titan construite par M. J. Le Blanc pour le service de la galerie de 30 *m*, côté La Bourdonnais, était également un bel appareil dont le mécanisme était très bien disposé. Son fonctionnement a été très satisfaisant. Ce type d'appareil de levage étant employé pour la première fois au montage des machines, plusieurs constructeurs doutaient que, malgré les déplacements de trois natures différentes, auxquels pouvait être soumise la charge, celle-ci pût être amenée avec une précision suffisante dans une position déterminée pour permettre de faire avec facilité l'assemblage des pièces de machines. La pratique a démontré que, du moment que le mécanisme de l'appareil possédait, pour la rotation de la flèche et pour le déplacement du chariot, une série d'organes donnant à certains moments une vitesse suffisamment réduite, la mise en place des pièces de machines se faisait dans des conditions très satisfaisantes, et avec une grande rapidité. Pour les opérations de déchargement, la grue Titan est d'un emploi très avantageux, parce que, sans qu'il soit nécessaire de la déplacer, et simplement au moyen du mouvement de rotation et du déplacement du chariot avec la volée, on peut prendre les colis dans une série de wagons, et les déposer sur toute la surface d'un cercle ayant pour rayon la longueur de la volée; aussi cet appareil est-il susceptible d'être ultérieurement utilisé dans des ports ou dans des entreprises de travaux publics, et peut-être les résultats favorables dans l'utilisation spéciale qui en a été faite à l'Exposition le feront-ils adopter dans la suite pour le service des ateliers de construction.

Quant à l'application qui en a été faite à l'Exposition, elle a été particulièrement avantageuse à plusieurs points de vue.

En effet, pour obtenir une stabilité suffisante, il avait fallu écarter de 6,05 *m* les rails servant de chemin de roulement à l'appareil. Cela conduisit à ménager dans l'axe de la galerie de 30 *m* un large passage de 7 *m* qui, au point de vue de la sécurité des visiteurs, était très avantageux et permettait de mieux juger de l'ensemble des machines.

A l'extrémité, entre les deux rampants du grand escalier, ce chemin avait été élargi de telle sorte que le Titan puisse être remisé dans cet emplacement, sans gêner l'accès d'aucune machine.

Si l'on considère la position des galeries souterraines dont il a été parlé précédemment, on voit que lorsque les chemins de roulement de l'appareil de levage sont reportés, comme cela a lieu pour le Titan, dans l'axe du palais, les emplacements qu'occupent les machines sont, pour ainsi dire, traversés et directement desservis par les canalisations d'eau et de vapeur. Si, au contraire, ces chemins de roulement longent les piliers de la charpente, comme cela se trouvait imposé par la disposition de l'appareil de levage de la galerie étrangère, les emplacements des machines se trouvent séparés des galeries souterraines par cette installation. La nécessité de ménager le passage des canalisations d'eau et de vapeur obligea à placer le chemin de roulement du grand portique sur des poutres en tôle, reposant sur des massifs en maçonnerie construits en face de ceux de la charpente des bâtiments.

Enfin, il est à signaler que la grue Titan a pu être utilisée pour le changement des charbons des lampes à arc suspendues à la charpente de la galerie, et qu'avec cet appareil, on pouvait faire la manœuvre des colis du premier étage, puisque, au moyen du mouvement de rotation, la volée pouvait venir au-dessus du plancher de la galerie de pourtour, qui reliait à l'extrémité du bâtiment les deux galeries longitudinales entourant la galerie de 30 *m*.

Règlement spécial relatif a l'installation et au fonctionnement des appareils mécaniques, électriques et hydrauliques.

Pour assurer la sécurité des visiteurs et du personnel chargé du service des machines, chaudières et appareils de toutes catégories fonctionnant dans les différents Palais et annexes de l'Exposition, il fut nécessaire d'établir un règlement stipulant dans quelles conditions devaient être faites les installations, et les mesures qu'il convenait de prendre, tant pour éviter les accidents que pour garantir la régularité des services généraux. Cet important document fut divisé en dix chapitres portant les titres suivants :

Chapitre I. — Production de la vapeur;
— II. — Fourniture de l'eau;
— III. — Distribution de vapeur et d'eau;
— IV. — Emploi de la vapeur;
— V. — Fourniture et distribution d'énergie électrique;
— VI. — Fourniture et distribution du gaz d'éclairage;
— VII. — Fourniture et distribution de l'air comprimé;
— VIII. — Transmission de la force motrice;
— IX. — Chemins élévateurs électriques, ascenseurs, appareils de levage;
— X. — Dispositions générales.

A cet important document étaient annexés des extraits des règlements, conventions, cahiers de charges et marchés, relatifs aux travaux exécutés par les services techniques de la Direction Générale de l'Exploitation. La brochure constituée par la réunion de ces diverses pièces présente un grand intérêt et contient un grand nombre de renseignements utiles pour l'exécution de travaux analogues à ceux auxquels ont donné lieu les diverses installations de l'Exposition.

Ce règlement se trouvait complété par un autre, d'ordre général, intitulé : « Règlement relatif à la tenue et à la surveillance des galeries et annexes de l'Exposition. » Celui-ci était divisé en deux chapitres : le premier comprenait les instructions concernant les installations des exposants, et le second, celles relatives au gardiennage.

Transmissions de mouvement.

Comme conséquence de l'article 47 du règlement général, la force motrice devrait être fournie aux classes gratuitement. Bien que, en principe, en raison de la distribution de l'énergie par l'électricité, il eût été désirable que l'on adoptât d'une façon exclusive la commande des machines et appareils divers au moyen de dynamos les actionnant directement, certaines classes demandèrent que, conformément aux dispositions prises dans les expositions précédentes, la force motrice leur fût fournie sur des arbres de transmission.

C'est ainsi qu'il a dû être installé un certain nombre de tronçons de transmissions dans les classes 22 (machines-outils), 65 (pe-

tite métallurgie), 76 et 77 (filature et tissage), 78 (blanchiment, impression), 94 (orfèvrerie), et dans la section anglaise du Groupe XIII (filature).

Les arbres de couche ont alors été établis à 5,22 *m* au-dessus du sol, dans les parties des palais où il existait un étage, afin de

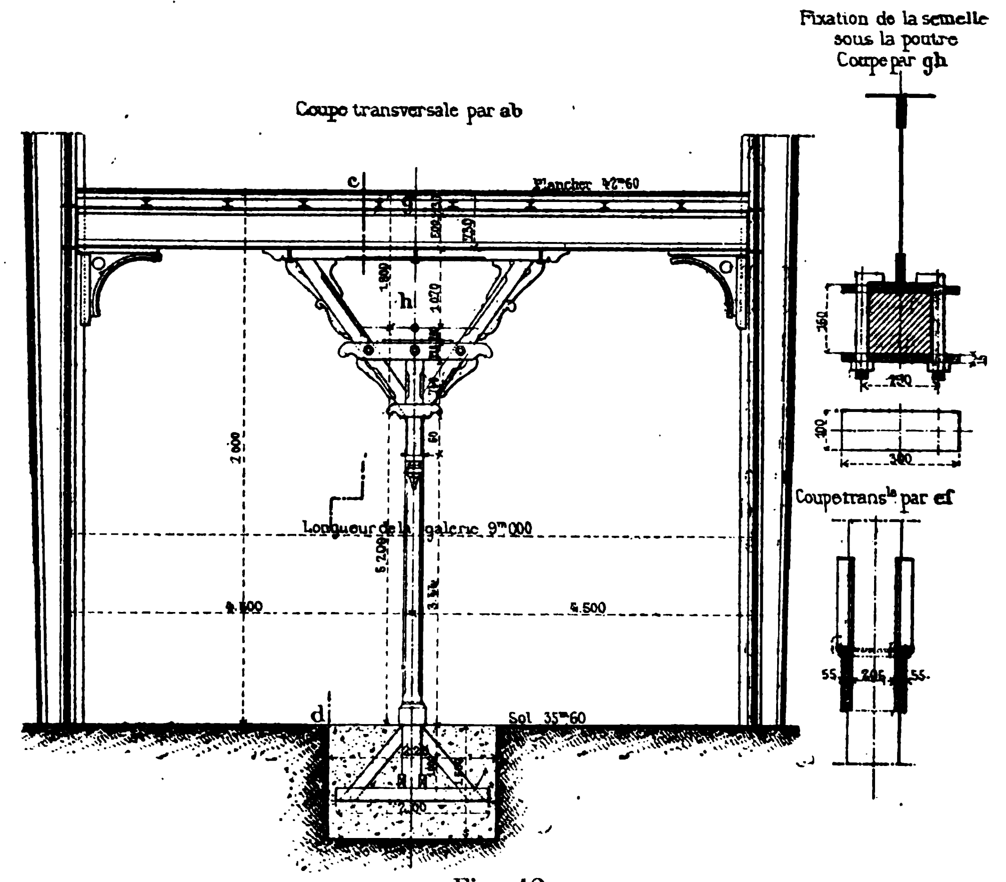


Fig. 12.

profiter des planchers pour maintenir les supports à leur partie supérieure.

A l'époque où les diverses classes ont ainsi indiqué d'une façon définitive leur désir d'avoir des transmissions installées par l'Administration, il n'était plus possible de se procurer des supports métalliques. Il a donc été nécessaire d'avoir recours à des poteaux en bois. D'un autre côté, il a fallu espacer ces poteaux de façon à ne pas gêner la circulation ni le montage des machines. Deux types de supports ont en conséquence été créés (*fig. 12 et 13*).

Des supports principaux, descendant jusqu'au sol et reposant sur des massifs en béton, étaient espacés de 9 *m*, et reliés entre eux par deux lignes de poutres en treillis, placées à 3,45 *m* au-dessus du plancher du rez-de-chaussée. Sur ces poutres reposaient des supports intermédiaires, de façon à ramener à 3 *m* l'écartement maximum de deux paliers consécutifs.

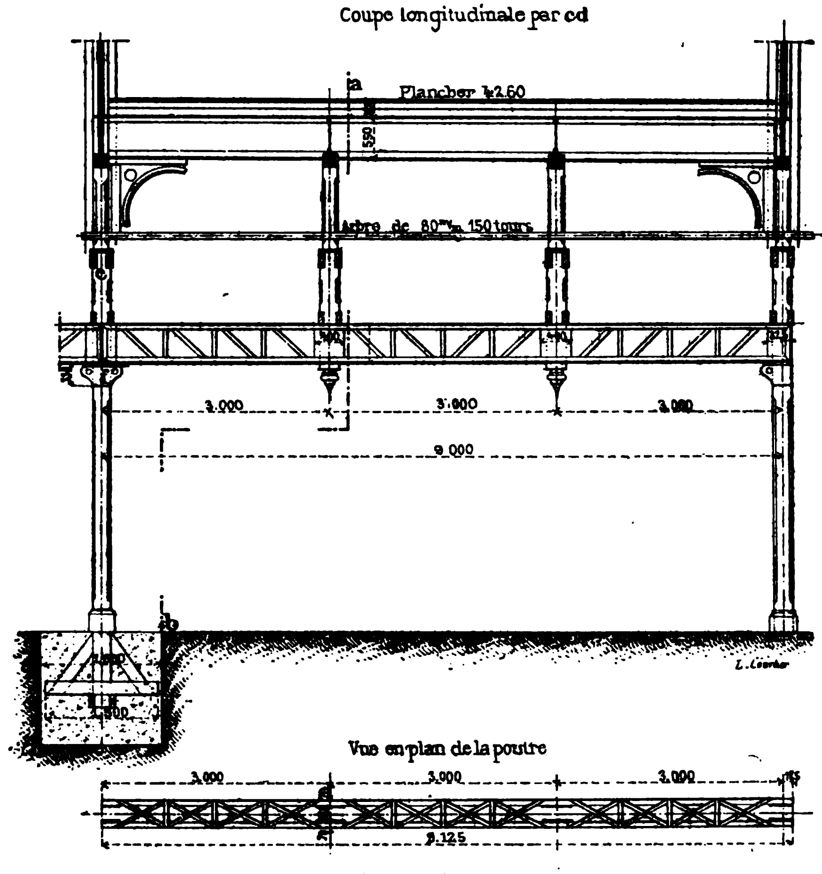


Fig. 13.

La longueur totale des lignes d'arbres installées par l'Administration n'a été que de 275 *m*, et la force totale transmise par ces arbres, 240 *ch*, sur un ensemble de 5 000 environ, qui ont été fournis aux diverses classes.

L'installation des arbres et paliers a été faite par la maison A. Piat et ses fils, et les courroies reliant ces arbres aux dynamos motrices ont été fournies gratuitement par M. Placide Peltereau.

Ventilation des Palais du Champ-de-Mars.

Le projet de ventilation des principaux édifices du Champ de Mars a été étudié par le Service des Installations mécaniques et appliqué, avec le concours d'un certain nombre de constructeurs et d'entrepreneurs, aux palais suivants:

1° Salle des Fêtes ;

2° Palais de l'Agriculture et de l'Alimentation, Sections française et étrangères;

3° Palais des Machines (Galeries de 30 mètres) et halls des Groupes électrogènes.

Le cube total de ces palais atteint 1 478 000 m^3. La ventilation a été assurée par 50 appareils de différents systèmes, capables de débiter par heure 1 250 000 m^3, de sorte que le volume d'air total se trouvait renouvelé approximativement tous les cinq quarts d'heure; mais la ventilation était plus énergique dans la Salle des Fêtes et dans les galeries de la Mécanique, que dans les Palais de l'Agriculture.

Ventilation de la Salle des Fêtes.

La ventilation de la Salle des Fêtes a été obtenue au moyen de six ventilateurs soufflants, établis à l'extérieur du Palais, côté de l'avenue La Motte-Picquet, par deux constructeurs : MM. Leroy et Cie, et M. Fouché, qui ont monté, le premier, quatre ventilateurs ordinaires, le second, deux ventilateurs munis de réfrigérants.

Appareils Leroy et Cie. — Chacun des quatre ventilateurs du système Leroy avait un diamètre de turbine de 2,50 *m* et pouvait débiter 65.000 m^3 d'air à l'heure, sous une pression de 0,070 *m* d'eau, à la vitesse de 200 tours par minute. Le ventilateur était actionné au moyen d'une courroie par un moteur électrique Gramme de 40 *ch*, fonctionnant sous la tension composée de 220 + 220 volts, d'un courant continu fourni par le Service Électrique de l'Exposition.

L'air était aspiré par les ouïes et refoulé à la périphérie du ventilateur jusqu'à une chambre de raccordement à laquelle aboutissaient trois conduits souterrains accolés qui, à une certaine distance se réduisaient en conduits doubles, puis devenaient simples à leur extrémité.

L'air passait dans ces conduits et se répandait dans la salle par

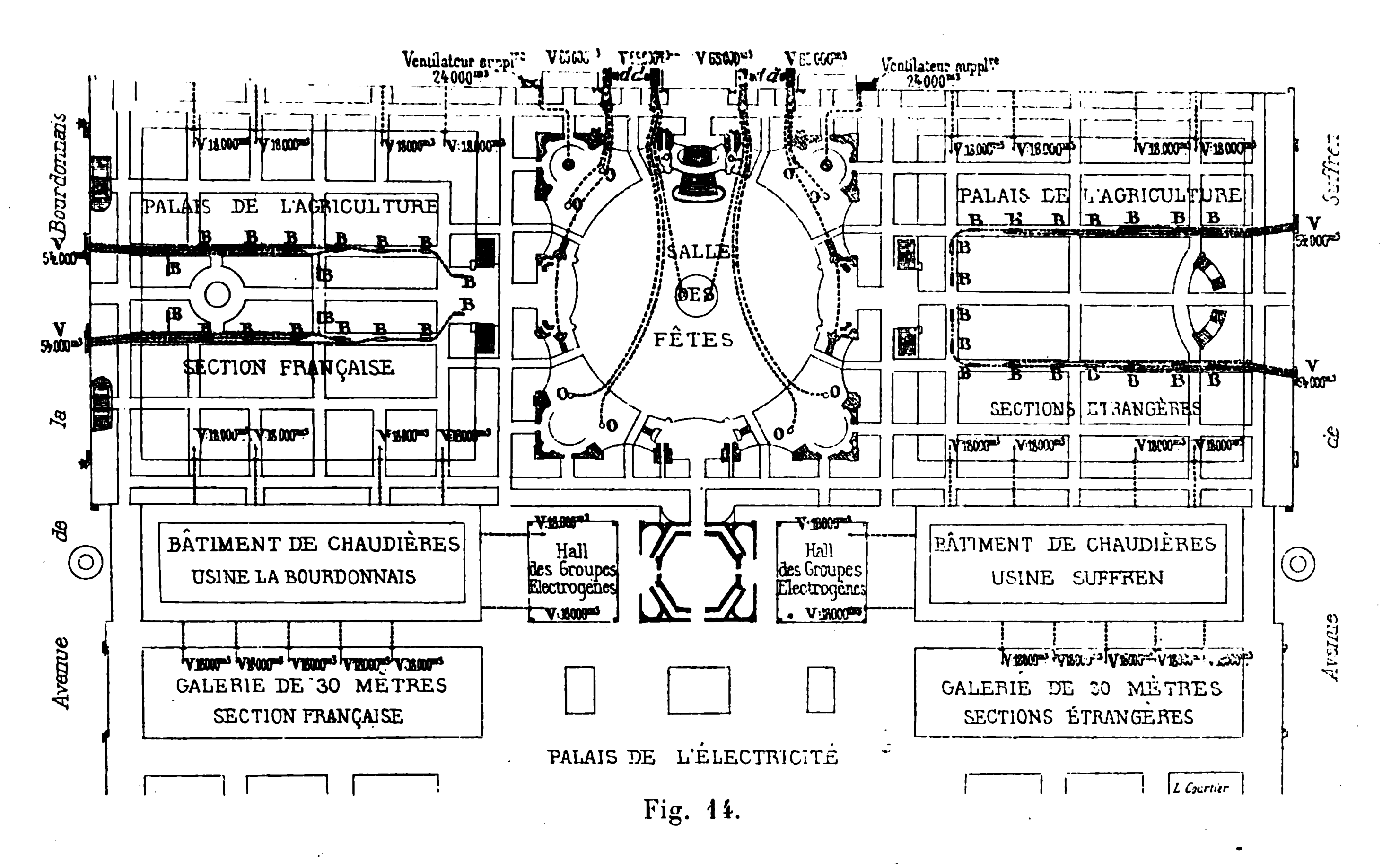

Ventilateur suppl^re 24.000 m³
Ventilateur suppl^re 24.000 m³
PALAIS DE L'AGRICULTURE
SECTION FRANÇAISE
SALLE DES FÊTES
PALAIS DE L'AGRICULTURE
SECTIONS ÉTRANGÈRES
BÂTIMENT DE CHAUDIÈRES
USINE LA BOURDONNAIS
Hall des Groupes Électrogènes
Hall des Groupes Électrogènes
BÂTIMENT DE CHAUDIÈRES
USINE SUFFREN
GALERIE DE 30 MÈTRES
SECTION FRANÇAISE
GALERIE DE 30 MÈTRES
SECTIONS ÉTRANGÈRES
PALAIS DE L'ÉLECTRICITÉ
Avenue de la Bourdonnais
Avenue de Suffren
L Courtier

Fig. 14.

des orifices répartis sous les gradins des quatre amphithéâtres et par une grande cuve ménagée au centre même de la salle. Le plan d'ensemble montre la disposition de ces conduits *(fig. 14)*.

Appareils Fouché. — Chacun des deux appareils système Fouché comprenait un ventilateur soufflant de 1,600 *m* de diamètre et une chambre réfrigérante dans laquelle l'air était rafraîchi par son passage dans une atmosphère humide.

Chaque ventilateur refoulait 25 200 m^3 d'air à l'heure, dans un conduit souterrain unique qui débouchait sous les gradins du côté de l'avenue Lamotte-Picquet; il était actionné par un moteur électrique de 6 *ch*, branché sur la ligne à courant continu à 220 + 220 volts.

Répartition de l'air dans la salle. — Les conduits de ventilation débouchaient dans la salle :

1° Sous les gradins en amphithéâtre;

2° Dans la cuve ménagée au centre de la salle.

L'air se répartissait sous les gradins au moyen de conduits verticaux raccordés à leur base avec les galeries souterraines de distribution, et s'élevant à environ 1 *m* au-dessus du sol.

Sur les ouvertures de ces conduits et à environ 1,50 *m* de distance, un panneau horizontal obligeait l'air à se répandre dans tous les sens pour se dégager ensuite à peu près uniformément dans la salle :

1° Par des orifices, munis de grillages, ménagés dans les parois verticales des gradins ;

2° Par les motifs ajourés de l'enceinte du podium.

L'ensemble de ces deux séries d'orifices présentait une section totale d'échappement de 254,20 m^2 de sorte que la vitesse moyenne de sortie de l'air n'était que de 0,30 *m* par seconde.

La cuve qui fournissait l'air au centre de la salle avait 17,50 *m* de diamètre et environ 1,50 *m* de profondeur. Elle recevait l'air des ventilateurs par deux galeries que l'on pouvait à volonté fermer au moyen de trappes, lorsque l'utilisation de la salle obligeait de placer des banquettes au-dessus de la cuve. Ces trappes, lorsqu'elles étaient ouvertes venaient s'appliquer contre le plancher de la cuve ; elles formaient ainsi des volets qui empêchaient l'air de sortir au-dessus de son point d'entrée dans la cuve et le forcaient à se répartir à peu près uniformément, pour sortir sur toute l'étendue de la surface du plancher à claire-voie. La

section de passage de ce plancher était de 60 m^2 de sorte que la vitesse de sortie de l'air atteignait en moyenne 0,20 *m* par seconde.

Renouvellement de l'air dans la salle. — La Salle des Fêtes avait un cube total de 256 170 m^3; les six appareils de ventilation fournissant ensemble 314 400 m^3 à l'heure, le volume d'air de la salle se trouvait renouvelé toutes les 50 minutes environ.

Température de l'air. — Des expériences faites à plusieurs reprises sur la température de la salle au cours des grandes fêtes d'août et de septembre ont donné les résultats suivants :

Ventilation de la Salle des Fêtes.

UTILISATION DE LA SALLE	DATES	HEURES	TEMPÉRATre extérieure.	TEMPÉRATre à la sortie des bouches	TEMPÉRATre de la salle.	OBSERVATIONS
			Degrés.	Degrés.	Degrés.	
Fête offerte aux ouvriers.	22 Juill.	4 1/2	24	22,5	23	Fin de la cérémonie.
Cérémonie de la distribution des récompenses	18 Août	4 1/2	28 1/4	25	27 1/4	Fin de la cérémonie.
Fêtes du banquet des maires	22 Sept.	3 1/2	21,5	19,8	24	Commt de la cérémonie.
		5 45	20,5	19,8	22	Fin de la cérémonie.
	23 Sept.	3 1/2	24,5	23	23,5	Commt de la cérémonie.
		5 1/2	24,5	23	25	Fin de la cérémonie.

Ventilation des Palais de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Les deux palais de l'Agriculture et de l'Alimentation, l'un réservé à la section française (côté La Bourdonnais), l'autre aux sections étrangères (côté Suffren), ont été ventilés au moyen de vingt appareils, soit 10 pour chaque palais, répartis de la façon suivante :

Deux appareils Farcot, installés hors du palais, dans de petits bâtiments construits le long des façades de l'avenue de Suffren ou de l'avenue La Bourdonnais;

Huit appareils Huglo établis à l'intérieur du palais, en dessous du plancher du premier étage.

Appareils Farcot. — Chaque ventilateur soufflant, système Farcot, avait 2 *m* de diamètre et pouvait débiter 54 000 m^3 d'air à l'heure, sous une pression de 0,070 *m* d'eau, à la vitesse de 400 tours par minute; il était actionné au moyen d'une courroie par un moteur électrique Postel-Vinay de 25 *ch*, alimenté par le courant continu à 220 + 220 volts de l'Exposition. Le ventilateur aspirait l'air par les ouïes et le refoulait dans trois conduits souterrains accolés; ceux-ci, à une certaine distance, se réduisaient en conduits doubles, puis simples, pour répartir l'air entre les dix-huit orifices de sortie, pratiqués dans le plancher du palais (Voir le plan général).

Répartition de l'air. — Afin de ne pas incommoder les visiteurs par un courant d'air ascendant, et pour éviter le soulèvement des poussières dans le palais, on avait placé, sur ces orifices, des banquettes fixées au sol. Chaque banquette couvrait quatre orifices voisins et ses parois verticales étaient formées de panneaux grillagés, laissant une section à jour de 1,265 m^2, qui permettait à l'air de se dégager dans une direction horizontale, avec une vitesse moyenne de 1,30 *m* par seconde.

Dans l'étude de l'installation de la ventilation de l'ancien Palais des Machines, il avait été reconnu indispensable de prendre des dispositions pour amener de l'air au centre même de cet immense local, parce que l'air distribué sur le pourtour ne se répandant que dans un périmètre assez restreint, l'atmosphère du milieu reste stagnante et devient bientôt étouffante. Au moyen de la disposition ci-dessus, ce résultat a été atteint et le renouvellement de l'air de la partie centrale des palais s'est effectué dans des conditions très satisfaisantes.

Appareils Huglo. — Chaque appareil, système Huglo, était constitué par un déplaceur d'air à hélice de 0,900 *m* de diamètre, capable de débiter 18 000 m^3 à l'heure, sous 0,010 de pression, à la vitesse de 600 tours.

Le déplaceur était actionné directement par un petit moteur électrique de 2 *ch*, alimenté par le courant continu de 220 + 220 volts.

L'ensemble de ces deux appareils était monté à l'extrémité d'un conduit d'aérage en bois, de 1 m^2 de section, fixé sous le plancher du 1er étage; l'autre extrémité de chaque conduit aboutissait contre les verrières des bas-côtés des palais, dans les-

quelles des ouvertures correspondantes avaient été pratiquées en enlevant les vitres.

L'air frais était ainsi aspiré par ces conduits et refoulé directement par les déplaceurs dans le palais.

Renouvellement de l'air. — Le cube des deux palais de l'Agriculture et de l'Alimentation étant 988 400 *m*, les quatre ventilateurs Farcot et les seize déplaceurs Huglo fournissaient 504 000 m^3 à l'heure; le volume d'air se trouvait donc renouvelé toutes les deux heures environ.

Température dans les palais. — Des expériences faites à plusieurs reprises ont montré que les appareils de ventilation permettaient d'obtenir, par rapport à la température extérieure, un abaissement de 1 1/2 à 2° dans le voisinage des banquettes de sortie d'air, en sorte que la température moyenne dans les diverses parties des deux palais était sensiblement égale à celle de l'extérieur.

Ventilation du Palais des Machines (galeries de 30 mètres) et des halls des Groupes électrogènes.

La ventilation de ces différentes galeries a été assurée au moyen de 24 déplaceurs d'air, système Huglo, analogues à ceux des palais de l'Agriculture, et installés de la même façon.

L'air aspiré dans les conduits en bois qui débouchaient sur les cours des usines Suffren et La Bourdonnais, était refoulé dans les galeries du Palais de la Mécanique, en dessous du plancher du 1er étage

Le cube des palais et des halls était de 233 400 m^3, les 24 déplaceurs fournissant 432 000 m^3 à l'heure, le volume d'air total se trouvait renouvelé environ toutes les demi-heures.

Malgré la chaleur dégagée par les machines et par la distribution de vapeur, il a été reconnu que la température des deux galeries et des halls des groupes électrogènes ne dépassait guère que de 1 degré celle de l'extérieur.

La dépense totale de l'installation de la ventilation s'est élevée à 192 250*f*.

LES CHAUDIÈRES ET LES MACHINES

A L'EXPOSITION DE 1900 [1]

PAR

M. Ch. COMPÈRE

INGÉNIEUR-DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

M. le Président Canet a bien voulu me demander, comme Secrétaire du Jury de la classe 19, « Machines à vapeur » à l'Exposition, de présenter à la Société des Ingénieurs Civils de France une étude sur les chaudières et les machines à vapeur à l'Exposition.

Je me suis empressé de déférer à cette demande, tout en regrettant que le peu de temps qui s'est écoulé depuis la fermeture de l'Exposition ne m'ait pas permis d'entrer dans les détails que comporte un tel sujet.

Je ne pourrai d'ailleurs, dans cette communication, que passer très rapidement en revue les appareils exposés pour n'en dégager que les lignes générales et pour faire ressortir, par la comparaison entre les machines et les chaudières en France et à l'étranger, l'état actuel de leur construction.

Mes auditeurs pourront ensuite se rapporter au travail important que prépare en ce moment mon distingué Collègue, rapporteur du Jury de la classe 19, M. Walckenaer, Ingénieur en chef des Mines.

Ma communication ne sera qu'une étude sur les appareils exposés en fonctionnement, en charge ou non, et elle restera en dehors de toutes les questions d'installations qui ont été présen-

(1) Voir planches nos 3 et 4.

tées à la dernière séance, avec une si haute compétence par leur auteur, notre Collègue, M. Bourdon, Ingénieur en chef des installations mécaniques de l'Exposition.

L'Exposition de 1900 a permis de faire ressortir, d'une façon beaucoup plus précise que celle de 1889, l'état actuel de la construction des machines, en raison de la participation importante des divers États d'Europe; à la Belgique, la Grande-Bretagne, la Suisse, qui figuraient déjà en 1889, sont venues s'ajouter l'Allemagne, l'Autriche, la Hongrie, l'Italie, les Pays-Bas, la Suède et la Russie.

L'Exposition des machines s'est d'ailleurs montrée plus particulièrement sous la forme de puissantes unités devant composer deux vastes usines de production d'énergie électrique dont notre Collègue, M. Bourdon, nous a présenté l'installation d'ensemble; ces usines, l'une française et l'autre étrangère, avaient une puissance de production de 36 000 *ch*, alors qu'en 1889 la puissance totale disponible était de 5 320 *ch*.

La classe 19 comprenait les chaudières, les machines et leurs accessoires; c'est dans cet ordre que nous examinerons les appareils exposés.

CHAUDIÈRES

Ce qui a caractérisé la production de vapeur à l'Exposition, c'est l'emploi de la haute pression; d'après les conditions générales imposées aux fournisseurs de vapeur, les chaudières devaient fonctionner uniformément à 11 *kg*; cette production paraissait devoir être demandée couramment pour le fonctionnement des machines des groupes électrogènes.

La pression en usage dans les machines à vapeur va toujours en augmentant, mais en 1889, lors de l'Exposition, elle n'était encore que de 6 *kg* environ; entre ces deux Expositions, la pression a donc augmenté considérablement.

Cette production de vapeur à 11 *kg* était obtenue en 1900 par deux types de générateurs distincts : les chaudières multitubulaires à petits éléments, d'ailleurs les plus nombreuses, et les chaudières à grands corps.

Nous donnons ci-après le tableau des chaudières en fonctionnement à l'Exposition.

CONSTRUCTEURS	NOMBRE de chaudières fournies	TYPE des CHAUDIÈRES	PRODUCTION de vapeur du groupe	SURFACE de chauffe par CHAUDIÈRE
			kg	m^2
Roser, à Saint-Denis.	6	Multitubulaires.	20 000	260
Compagnie de Fives-Lille	3	Semi-tubulaires.	6 250	206
Montupet, à Paris.	6	5 multitubul. 1 semi-tubul.	10 000	3 multitub. ord. 135 2 marines, 83
Biétrix, Leflaive, Nicolet, à St-Étienne.	1	Multitubulaire.	2 700	160
Solignac, Grille et Cie	1	Id.	1 100	
J. et M. Niclausse, à Paris.	21	Id.	35 000	100
Crépelle-Fontaine, à la Madeleine-lès-Lille	1	Id.	3 000	180
Société des Générateurs Mathot, à Rœux-lès-Arras.	7	Id.	4 = 5 650 2 = 2 640 1 = 850	4 = 358 2 = 162 1 = 57
Compagnie Babcock-Wilcox, à Paris.	14	Id.	35 000	Suffren 301 La Bourdonnais 170 Marines 220
De Naeyer et Cie, à Willebrœck. . .	10	Id.	35 000	215
Galloways Ld, à Manchester	6	Multitubulaire.	15 000	109
Fitzner et Gamper, à Sosnovice. .	1	Type Galloway.	2 600	150
Steinmüller, à Gummersbach. . . .	5	Id.	17 500	254
Petzold, à Düren	1	Cornwall.	17 500	250
Simonis et Lanz, à Berlin	1	Multitubulaire.	13 500	215
Paucksch, à Landsberg-s.-la-Warthe.	2	Cornwall.	13 500	50
Petry-Dereux, à Düren	1	Multitubulaire.	13 500	303
Ewald Berninghaus, à Duisbourg.	5	Cornwall.	1 = 2 440 4 = 10 560	1 = 125 4 = 250
	92			

Les chaudières à petits éléments, composées presque exclusivement de tubes d'eau de petit diamètre, sont tout indiquées pour la haute pression, et leur timbre atteint 12, 15, 18 *kg* et plus; dès l'origine de leur construction, ces types de chaudières ont été étudiés pour les hautes pressions et aucune recherche nouvelle n'était nécessaire pour répondre au programme imposé par l'administration de l'Exposition.

Il n'en est pas de même pour les chaudières à grand volume; ces chaudières, dont les corps atteignent pour de grandes unités des diamètres de 2,50 *m*, n'avaient pas été conçues à l'origine pour de telles pressions, et ce n'est pas sans efforts et sans grandes difficultés qu'on est arrivé peu à peu à augmenter leur timbre; des diamètres de 2,50 *m* pour des pressions de 11 *kg* entraînent

une épaisseur de 25 *mm*, et avec une telle épaisseur, les divers travaux successifs de chaudronnerie, que comporte la mise en œuvre des tôles, deviennent très difficiles; l'étanchéité des assemblages et surtout des pinces est moins facile à obtenir; il faut recourir aux couvre-joints, etc.; la construction de telles chaudières ne peut être confiée qu'à des maisons de premier ordre pourvues d'un bon outillage et travaillant bien; malgré cela, on peut se demander, en présence de l'augmentation croissante de pression, s'il est prudent d'y répondre par des chaudières à grand volume avec des diamètres et des épaisseurs plus grands encore.

A l'Exposition, les chaudières à grand volume étaient représentées, pour la France, par trois chaudières semi-tubulaires à deux bouilleurs, de 250 m^2 de la Compagnie de Fives-Lille ; pour la Grande-Bretagne, par six chaudières Galloway ; pour l'Allemagne, par huit chaudières à foyers intérieurs.

Ces remarques sur l'emploi de la haute pression étant faites, il y a lieu d'étudier et de comparer les différents types exposés. Nous parlerons d'abord des types qui étaient en fonctionnement.

Chaudières multitubulaires.

En ce qui concerne ces chaudières, je n'insisterai pas sur les types qui sont bien connus en France : Niclausse, Roser, Babcock et Wilcox, Mathot, Montupet, Crépelle-Fontaine, Buttner, de la maison Biétrix, Solignac, de Naeyer.

Comme perfectionnement, nous relèverons pour ces chaudières les détails suivants :

Chaudière Niclausse. — La lanterne, au lieu d'être assemblée par filetage avec le tube, fait maintenant partie du tube lui-même; elle est en acier comme lui; les ouvertures d'arrivée d'eau et de sortie de vapeur sont découpées dans le tube même.

Chaudière de Naeyer. — La vapeur produite par les deux rangées inférieures de tubes est collectée directement vers le corps supérieur par des tuyaux spéciaux.

Nous mentionnerons surtout les chaudières suivantes de l'étranger :

Chaudière Fitzner et Gamper, de Sosnovice (Russie). — Chaudière à lames d'eau avant et arrière comme les chaudières Mathot avec bouilleur de descente à l'arrière.

Une chaudière était en fonctionnement et l'autre était exposée en coupe avec chauffage au pétrole; ces deux types étaient munis d'émulseurs de vapeur.

Chaudière Steinmuller (Allemagne). — Chaudière également à lames d'eau avant et arrière, avec dispositif spécial dans le corps supérieur pour recueillir la vapeur aussi sèche que possible.

Chaudière Petry-Dereux et chaudière Simonis et Lanz (Allemagne). — Chaudières aussi à lames d'eau avant et arrière.

Dans la chaudière Petry-Dereux, le caisson arrière est muni d'une cloison médiane allant jusqu'aux tubes inférieurs et amenant directement l'eau froide à ces tubes les plus exposés. Dans le corps supérieur sont des chicanes destinées à séparer l'eau entraînée.

La maison Petry-Dereux construit également les chaudières Mac-Nicol; ce sont des chaudières à bouilleurs dont l'avant est remplacé par un faisceau tubulaire.

L'exposition des chaudières multitubulaires étrangères montre que ces appareils s'inspirent plus ou moins de chaudières bien connues en France; elles procèdent toutes des chaudières à lames d'eau. Ces chaudières ont une grande surface de chauffe. Comme la longueur des tubes est assez limitée, 5 *m* environ, l'augmentation de surface de chauffe s'obtient en adoptant une plus grande largeur de chaudière; ainsi, la chaudière Steinmuller qui a 254 m^2 comprend quatorze tubes par rangée horizontale pour une largeur de 2,45 *m*; la chaudière ne comporte pourtant qu'un collecteur supérieur réuni au caisson avant par une section forcément trop réduite pour le dégagement de la vapeur; c'est aussi le cas des chaudières Mathot qui se sont présentées à l'Exposition avec les surfaces de chauffe les plus grandes; elles devaient produire 5 200 *kg* de vapeur à l'heure.

Ce n'est que pour des dimensions au-dessus de 250 m^2 que les chaudières allemandes sont construites avec deux corps supérieurs.

D'autres chaudières multitubulaires, non en fonctionnement, étaient également exposées, nous citerons en tête la chaudière Belleville qui se présentait avec la nouvelle addition d'un économiseur au-dessus de la chaudière; ce dispositif existe également pour les chaudières de Naeyer en fonction, mais l'économiseur était à l'arrière.

Nous signalerons enfin la chaudière Joya de Grenoble, se rapprochant des chaudières Babcock et Wilcox, les chaudières Fouché et Cail à lames d'eau avant et arrière.

Toutes ces chaudières multitubulaires sont timbrées à des pressions variant de 10 à 15 *kg*.

Chaudières à grand volume.

Ces chaudières sont de deux types très distincts :

1° Les chaudières à bouilleurs que M. Hirsch appelait dans son rapport sur la classe 52 à l'Exposition de 1889, *chaudières françaises;*

2° Les chaudières à foyer intérieur que, par opposition, on pourrait appeler *chaudières étrangères.*

En effet, les chaudières à bouilleurs si répandues dans notre pays, et plus particulièrement dans le Nord de la France, paraissent presque inconnues à l'étranger; par contre, la chaudière à foyer intérieur est également construite dans notre pays, plus particulièrement dans la région normande sous la forme Galloway, dans la région lyonnaise sous la forme Cornwall, et dans la région parisienne sous la forme de la chaudière à foyer intérieur amovible qui a été si répandue par la maison Weyher et Richemond.

A l'Exposition, les chaudières à bouilleurs étaient représentées, pour le type semi-tubulaire, par les trois chaudières en fonction de la Compagnie de Fives-Lille (timbrées à 12 *kg*), par celles de MM. Meunier et Cie (timbrées à 10 et 12 *kg*), de M. Armand Girard (timbré à 9 *kg*), de M. Crépelle-Fontaine, etc. Cette dernière maison exposait également une chaudière dite multibouilleurs composée exclusivement de bouilleurs superposés sans tubes.

Pour les chaudières à foyer intérieur, outre les chaudières Galloway, bien connues, dont six timbrées à 11 *kg* étaient en fonctionnement, nous trouvons également en fonction les chaudières de trois maisons allemandes : Berninghaus, Petzold et Paucksch.

Ces dernières chaudières étant moins connues, il paraît nécessaire d'entrer dans quelques détails sur leur conception; elles sont du type Tischbein (*fig. 1 et 2, Pl. 3*).

Les chaudières des deux premières maisons comportent un corps inférieur contenant deux foyers intérieurs, et un corps supérieur tubulaire comme celui des chaudières semi-tubulaires.

françaises, mais elles présentent cette différence capitale, que la vapeur se réunit dans le corps inférieur pour être collectée directement dans le corps supérieur par un tuyau traversant le faisceau tubulaire; quant à l'eau elle se déverse par trop-plein, à l'aide d'un autre tuyau du corps supérieur au corps inférieur : l'alimentation se fait dans le corps supérieur, mais le corps inférieur possède aussi une alimentation de secours.

Ce dispositif constitue une sorte d'émulseur; la vapeur produite d'une façon très intense sur les tôles directement rayonnées par un foyer peut se dégager facilement, sans être obligée de se contracter dans les cuissards des chaudières à bouilleurs françaises.

Il en résulte que la vaporisation par mètre carré est plus grande et qu'elle atteint 15 *kg* en allure modérée. Le corps supérieur tubulaire n'est plus, en somme, qu'une sorte de réchauffeur.

Ce même dispositif se retrouve dans la chaudière Petzold, mais le tube de descente d'eau est à l'intérieur du tuyau de dégagement de vapeur, au lieu d'être à côté.

L'exposition de la maison Berninghaus comportait deux groupes distincts, l'un de quatre appareils conformes aux types décrits ci-dessus, l'autre d'un seul générateur à trois foyers intérieurs et deux réchauffeurs supérieurs.

Dans ce dernier type, la vaporisation atteint 30 à 35 *kg* par mètre carré.

Les chaudières Paucksch ne comportent qu'un foyer qui présente cette particularité d'être excentré par rapport au corps extérieur, ce qui facilite le nettoyage intérieur; le foyer est constitué par des viroles à joints Adamson, dont le diamètre alterne de 700 à 750 *mm*, ce qui forme des ressauts dans la partie supérieure et facilite le mélange et la combustion des gaz chauds.

Le diamètre de ces chaudières n'est que de 1,70 *m*, le constructeur préférant ne pas atteindre des diamètres de 2 *m* et plus.

Dans ces chaudières, la production atteint 25 à 40 *kg* par mètre carré. Dans un essai on a trouvé 37,6 *kg* avec une combustion de 103 *kg* par mètre carré de grille.

Ces chaudières allemandes comportent des pièces de forge remarquables, telles que les fonds emboutis avant, les plaques tubulaires, etc.

Nons avons retrouvé, d'ailleurs, en France ces mêmes pièces dans la belle exposition des Forges de Douai.

Pour les corps supérieurs des chaudières Berninghaus les plaques tubulaires ne sont pas planes sur toute leur surface comme cela se fait pour nos chaudières semi-tubulaires. Elles ne le sont que dans la région qui reçoit l'extrémité des tubes. Elles sont incurvées dans les autres parties.

Cette disposition rend les fonds assez résistants pour ne nécessiter aucun entretoisement quand la pression n'est pas supérieure à 10 *kg*.

Dans la chaudière Petzold, les fonds du corps tubulaire supérieur sont bombés sur toute leur surface.

La Maison Piedbœuf a Jupille a présenté également, dans la Section belge, une chaudière à deux foyers intérieurs non en fonctionnement, et très bien construite.

Avant de quitter ces chaudières à foyer intérieur, il est nécessaire d'en faire ressortir la comparaison avec les chaudières à bouilleurs, au point de vue de la surface de grille, c'est-à-dire la proportion entre la surface de grille et la surface de chauffe.

Cette proportion tend à diminuer d'une manière générale quand la surface de chauffe augmente, et c'est ce qui limite la puissance des chaudières.

En effet, la longueur de grille présente un maximum qui ne peut guère dépasser 2 *m*, c'est le coup de pelle du chauffeur; la largeur est plus variable, mais encore dans certaines limites.

Avec des grilles trop petites pour les grandes chaudières, il faut craindre des accidents au coup de feu, et c'est là l'écueil des chaudières semi-tubulaires quand les dépôts sont entraînés par la circulation intérieure à l'avant des bouilleurs.

Dans les chaudières Berninghaus, la largeur des grilles est de 1 *m*, la longueur 2,20 *m* et le rapport entre la surface de grille et la surface de chauffe est de 1/60.

Dans les chaudières Petzold, ce rapport s'abaisse à 1/75; des grilles aussi petites entraînent des feux forcés, surtout avec des chaudières de grande production, comme celles à foyer intérieur.

Cette proportion de grille redevient normale avec les grandes chaudières multitubulaires comme celles de l'Exposition.

Ainsi pour les chaudières Steinmuller, le rapport de la grille est de 1/45.

Parmi les autres chaudières exposées, nous retrouvons les foyers intérieurs amovibles des appareils demi-fixes, quelques

types marins à très petits tubes appliqués à l'industrie, tels que la chaudière de la Brosse et Fouché de Nantes, Turgan, du Temple.

Nous citerons aussi le générateur oléothermique de MM. Mahl et de Nittis, dans lequel la vapeur est produite à haute pression par conductibilité dans des tubes plongés dans un bain d'huile, qui peut être porté à haute température.

Nous signalerons plus spécialement les chaudières de la maison Bary, de Russie, la chaudière Climax, des États-Unis, à Vincennes, et celle en X des Chaudronneries du Nord de la France, à Lesquin.

La chaudière Bary, de Moscou *(fig. 3 et 4, Pl. 3)*, est constituée par un réservoir cylindrique supérieur relié à des batteries tubulaires superposées portant à chaque extrémité des têtes cylindriques; ces têtes sont réunies entre elles par des collets à boulons intérieurs; les fonds extérieurs de ces têtes partent des trous d'homme qui donnent libre accès simultanément à tous les tubes fixés dans ces têtes.

La tête supérieure avant est réunie à un collecteur envoyant directement la vapeur en haut du corps supérieur.

Enfin l'appareil comporte des batteries de tubes sécheurs et surchauffeurs assemblés comme celle des tubes bouilleurs.

Cette chaudière est étudiée au point de vue de sa démontabilité et de son transport facile.

La chaudière Climax qui actionnait l'Exposition de Vincennes, était une sorte de hérisson, formé de tubes courbés s'insérant sur un corps cylindrique central, de grande hauteur.

Chaudières en X des Chaudronneries du nord de la France. — Cette chaudière se compose d'un réservoir supérieur, portant latéralement, le long de deux génératrices symétriques, des collecteurs quadrangulaires, inclinés à plus de 45°. Dans la paroi inférieure de ces derniers sont assemblés normalement au moyen de bagues tronconiques autoclaves, deux rangées de tubes Field, système Montupet, qui se croisent presque, à angle droit.

L'ensemble du faisceau affecte la forme d'un X qui désigne ce type de chaudière.

De la base des trois premières paires de collecteurs partent, en outre, des tubes auxiliaires verticaux encadrant le foyer dont la chaleur rayonnante est ainsi complètement utilisée.

Toutes les extrémités des tubes Field, à l'abri du contact

direct des flammes, sont, par suite, accessibles en tout temps; des bouchons en cuivre, vissés à ces extrémités, servent aux nettoyages.

Remarques générales.

Après avoir passé en revue les principales chaudières exposées fonctionnant ou non, il est nécessaire de voir les progrès réalisés dans la construction et les résultats obtenus au point de vue de la sécurité.

Dans la construction, l'emploi de l'acier extra-doux s'est généralisé en France et à l'étranger. Les pièces en fonte tendent à disparaître; les emboutis faits mécaniquement pour les bouchons, les fonds, les plaques, etc., sont de plus en plus répandus.

Nous signalerons aussi l'emploi de foyers ondulés pour les tubes-foyers des chaudières étrangères, Berninghaus, Petzold, Fitzner et Gamper.

Cette dernière maison exposait un foyer coupé pour montrer les ondulations variables d'une même virole et faire ressortir la conservation de l'épaisseur dans l'ondulation même.

Ces foyers ondulés se prêtent à la dilatation et ils évitent la poussée sur la devanture qui est la cause de corrosions en sillons constatées sur les collets avant; ils facilitent de plus le brassage du gaz de la combustion.

Comme travaux de chaudronnerie, il faut citer la belle exposition de MM. Meunier et Cie, à Fives-Lille, qui ont montré des échantillons de pliage de métal, de coupes de rivures, etc., celle de la maison Fitzner et Gamper, de Russie, qui présentait des pièces comportant des soudures très remarquables, telles que des foyers intérieurs des tubes de chaudières Galloway soudés sur ces foyers, un lessiveur sphérique sans aucune rivure, même pour les tourillons, etc.

Les foyers intérieurs sont composés de viroles dont les joints longitudinaux sont soudés. Le soudage se fait au marteau-pilon; les pièces à souder sont chauffées sur un foyer à gaz spécial dont on peut facilement régler la température. Les emboutis sont faits à la presse. Les viroles des tubes-foyers sont assemblées à l'aide d'anneaux Adamson soudés et les têtes des rivets d'assemblage sont constamment dans l'eau; il n'y a pas une seule tête de rivet dans le feu.

L'usine métallique de Saint-Pétersbourg présentait aussi de belles pièces de forge et d'emboutissage, entre autres les diver-

ses phases de la fabrication des collecteurs Babcock et Wilcox.

Nous rappellerons ici l'exposition des Forges de Douai, dans la classe de la Métallurgie qui, outre des pièces embouties très remarquables, contenait les collecteurs forgés des chaudières Niclausse.

L'Exposition des États-Unis, à Vincennes, a montré aussi l'emploi de l'air comprimé pour les divers travaux de chaudronnerie : perçage de trous, chanfreinage, matage, etc. Le matage à l'air comprimé est appliqué actuellement dans les nouveaux ateliers de la Compagnie Babcock et Wilcox.

Au point de vue de la sécurité, la proportion des victimes tuées et blessées dans les accidents de chaudières à vapeur en France tend toujours à diminuer.

De 1873 à 1889, elle s'était abaissée, pour 10000 chaudières, de 13,78 à 5,28. Elle était descendue en 1898 de 3,73.

Quant aux chaudières à petits éléments, dont les ruptures de tubes n'ont jamais entraîné de dégâts matériels intéressant le voisinage des chaufferies, les accidents tendent à diminuer.

J'ai fait ressortir ce fait dans un rapport sur les chaudières à petits éléments que j'ai présenté au Congrès International de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur. Dans ce rapport je me résumais ainsi :

« En résumé, dans ces huit dernières années, il y a eu une » amélioration très sensible dans l'emploi des générateurs mul- » titubulaires au point de vue de la sécurité de leur personnel » conducteur.

» Cette amélioration s'est fait tout particulièrement sentir dans » le département de la Seine, où une surveillance plus attentive » est exercée.

» Les accidents spéciaux aux chaudières multitubulaires sont » les déchirures de tubes et les projections de tampons.

» Les accidents par déchirures de tubes sont devenus de moins » en moins dangereux, et il paraît logique de ne plus les faire » rentrer dans la statistique officielle que lorsque la section de » la déchirure est assez grande.

» L'emploi de petits tubes inférieurs à 100 *mm* paraît préfé- » rable au point de vue de la sécurité.

» En ce qui concerne la projection de tampons, elle est tou- » jours très dangereuse et il y a lieu de proscrire toute ferme- » ture non autoclave.

» Enfin, il faut avoir grand soin d'enseigner au personnel que » le serrage à chaud des tampons est toujours une très grave » imprudence, il faut ensuite tenir la main à ce que cette recom» mandation soit toujours bien suivie. »

Le Comité technique des machines à l'Exposition avait d'ailleurs prescrit les mesures suivantes pour les chaudières en fonctionnement, surtout en prévision des accidents de chaufferie :

1° La plupart des chaudières en service à l'Exposition devant être des chaudières multitubulaires, il est recommandé que les portes des foyers et des cendriers soient disposées pour se fermer automatiquement en cas de rupture d'un tube, et que des trappes d'expansion soient ménagées à la partie supérieure des fourneaux ;

2° Les chaudières qui ne sont pas du type multitubulaire auront leurs portes de foyer solidement loquetées ;

3° Les portes des boites à fumée doivent être pourvues d'une fermeture solide et de barres de sûreté ;

4° Les prises de vapeur des chaudières seront munies d'un clapet automatique d'arrêt pouvant assurer la fermeture, tant dans le sens de l'écoulement de la vapeur que dans le sens inverse ;

5° Il est formellement interdit de serrer les joints à chaud ;

6° Les tubes de verre de tous les indicateurs seront entourés de pare-éclats.

Cette question de chaufferie m'amène à rappeler les dispositions si appropriées que notre Collègue M. Bourdon, Ingénieur en chef des Installations mécaniques, a adoptées pour les deux chaufferies de l'Exposition.

Ces chaufferies étaient très éclairées, bien aérées : le travail du chauffeur y était facile. Elles comportaient de nombreux passages par où le personnel pouvait se dégager en cas d'accident. Autour des chaufferies proprement dites était une galerie extérieure de 6 *m* de large.

Cette question de chaufferie a été traitée par M. Herscher, Ingénieur des Mines, au Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur qui a voté la résolution suivante :

« L'attention des industriels faisant usage d'appareils à vapeur est attirée, tant dans leur intérêt au point de vue de leur responsabilité, que dans celui des personnes chargées de la conduite

des chaudières, sur la nécessité d'installer des *chaufferies spacieuses*, telles que le séjour pour le personnel y soit hygiénique en tout temps, et qu'en cas d'explosion, en quelque point qu'un chauffeur se trouve occupé, il ait à sa disposition pour s'échapper des *issues directes toujours libres et aisément praticables*.

Pour terminer cette étude sur les chaudières à l'Exposition, je parlerai des tentatives faites pour augmenter la circulation de l'eau et la production.

Je rappellerai d'abord le faisceau émulseur des chaudières Fitzner et Gamper, la chaudière Solignac, les dispositions de la chaudière Buttner-Biétrix, le tube de dégagement de vapeur des chaudières allemandes ; il faut citer, en outre, l'installation faite par M. Montupet d'une petite chaudière semi-tubulaire à bouilleurs en fonctionnement.

Cette chaudière (*fig. 5 et 6, Pl. 3*) comporte un dispositif destiné à activer la circulation en forçant le courant ascendant à se faire par les cuissards arrière, ce qui permet aussi de reculer les dépôts vers l'arrière au lieu de les laisser s'amasser au coup de feu ; des essais faits par nos soins, à l'Exposition, ont donné, pour une combustion de 125 *kg* par mètre carré de grille, une vaporisation de 27,5 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

Accessoires des chaudières.

Comme accessoires de chaudières, nous trouvons à l'Exposition, les grilles, les économiseurs, les surchauffeurs, les cheminées, les épurateurs, etc.

Grilles. — En France, les grilles avaient été groupées auprès du bâtiment des chaudières. Les barreaux exposés formaient généralement un damier laissant l'air arriver longitudinalement et transversalement.

Les grilles exposées étaient surtout à souffleries de vapeur pour brûler des fines et des combustibles pauvres.

Nous citerons les grilles Poillon, à lames de persiennes ; la grille Donders, type Kudlicz, constituée par des plaques creuses percées de petits trous ; la grille Meldrum.

Deux grilles Poillon étaient en fonctionnement sur deux chaudières Babcock et Wilcox.

La grille Kudlicz était également exposée dans la section autrichienne.

Nous trouvons enfin quelques grilles continues mues mécaniquement, telles que la grille Créceveur dans la section française, la grille Proctor dans la section anglaise, la grille Lomchakoff dans la section russe.

Nous citerons aussi tout particulièrement, dans la section française, l'importante installation de grilles continues faite par la Compagnie Babcock et Wilcox sur sa batterie de chaudières qui était dans le bâtiment La Bourdonnais.

Dans cette installation, le charbon était élevé mécaniquement jusqu'à une conduite horizontale de distribution placée au-dessus des chaudières ; de cette conduite, il descendait par des coulottes devant chaque chaudière.

Les grilles sont constituées comme une chaîne sans fin dans le genre de l'ancienne grille Taillefer.

Le combustible, en arrivant sur la grille, distille d'abord, pour brûler de plus en plus complètement au fur et à meure que la grille s'avance.

La grille est constituée par des petits barreaux articulés qui se refroidissent dans le mouvement de retour.

Ces grilles continues sont naturellement fumivores par leur conception même, mais à l'Exposition la fumivorité ne pouvait être contrôlée.

Toutefois, nous rappelons l'installation faite par la Compagnie Worthington pour le Service des Eaux de l'Exposition, à son usine de la berge de la Seine. L'Exposition ne voulait pas qu'on soupçonnât, dans la construction de l'usine, la présence d'une cheminée ; cette usine comportait deux chaudières Babcock et Wilcox munies de grilles mécaniques.

La construction fut faite, en conséquence, en forme de tourelle ; la fumivorité était d'ailleurs imposée et facile à contrôler. En pleine marche elle paraissait obtenue, la fumée qu'on apercevait parfois se produisait au moment de l'allumage.

Comme foyer fumivore non mécanique, nous citerons enfin le système Hinstin qui comporte une sorte d'avant-foyer où le charbon distille d'abord.

Économiseurs. — Les économiseurs réchauffeurs indépendants étaient représentés par un petit modèle de l'appareil Green dans la Section anglaise, et par un appareil en grandeur, de la maison Lemoine, dans la Section française.

Nous rappellerons incidemment les économiseurs placés au-

dessus des chaudières multitubulaires Belleville et des chaudières Montupet et ceux installés derrière les chaudières De Naeyer.

Surchauffeurs. — Enfin, les surchauffeurs, dont nous parlerons plus loin au sujet des machines, étaient représentés par l'appareil Hering, placé dans les chaudières Berninghaus, et par un modèle du surchauffeur Schmidt exposé par M. Stork, des Pays-Bas.

Quelques chaudières multitubulaires comportent également des surchauffeurs.

Le surchauffeur Hering est constitué par un faisceau de tubes de petit diamètre, sans soudure, s'étendant entre deux collecteurs, l'un pour l'arrivée de vapeur, l'autre pour la sortie ; leur jonction à ces collecteurs se fait par des joints en dehors du fourneau ; les tubes sont parallèles et la vapeur y circule en même temps *(fig. 1 et 2, Pl. 3).*

Le surchauffeur Schmidt est disposé pour obtenir une très haute température, 350° environ ; le modèle exposé était à foyer indépendant. Cet appareil se compose de deux faisceaux serpentins superposés ; la vapeur arrive d'abord dans le faisceau supérieur qui constitue un sécheur; puis elle redescend au bas du faisceau inférieur qui constitue le surchauffeur proprement dit *(fig. 7, Pl. 3).*

Cheminées. — La cheminée monumentale de l'avenue de La Bourdonnais, construite par MM. Nicou et Demarigny, était considérée comme objet exposé, son projet avait été classé en tête à la suite du concours ouvert par l'administration.

M. Prat avait exposé au pied de cette cheminée un modèle de son appareil à tirage constant.

Épurateurs. — Les épurateurs se trouvaient en fonctionnement ou non auprès des chaudières ; les épurateurs-réchauffeurs traversés par la vapeur d'échappement des machines et, à son défaut, par la vapeur vive, tendent à se généraliser.

MACHINES A VAPEUR

Les machines à vapeur se sont présentées à l'Exposition, soit fonctionnant en charge comme groupes électrogènes avec des alternateurs-volants pour la production de l'énergie électrique, soit inertes ou ne tournant qu'à vide.

Les machines exposées étaient soit à allure normale, 100 tours environ, soit à grande vitesse.

Avant de passer en revue les machines exposées pour en dégager les caractères principaux, il est utile de faire ressortir par la comparaison avec les Expositions précédentes l'accroissement énorme des unités qu'il est possible d'adopter actuellement.

En 1867, la puissance totale des machines en fonctionnement, 867 *ch*, était fournie par 52 unités, soit une moyenne de 16 *ch* par machine ; en 1878, on trouve 2 533 *ch* avec 41 machines de 62 *ch* en moyenne ; en 1889, 5 320 *ch* avec 32 machines de 166 *ch*; en 1900, 36 000 *ch* avec 37 machines seulement de 975 *ch* en moyenne. Ainsi de 1889 à 1900, la puissance moyenne est passée de 166 *ch* à 975.

C'est un accroissement énorme qu'il fallait d'abord mettre en relief.

La conception des types présentés en 1900 a été alors la conséquence de la création de ces grandes unités.

C'est ainsi qu'à l'étranger, il semble qu'on ne conçoit pas une machine de 1 000 *ch* à un seul cylindre comme en France, et que l'on a recours à la double et à la triple expansion ; avec ces machines à expansion, la marche à pression élevée est alors tout indiquée.

Ici se dégage un fait capital quand on pousse plus loin la comparaison entre les diverses machines : c'est l'emploi, comme organes de distribution, dans les machines à allures normales, de soupapes à l'étranger et de tiroirs cylindriques en France.

Les soupapes sont adoptées également pour l'application de la vapeur surchauffée très répandue aussi à l'étranger.

En d'autres termes, on semble adopter les soupapes pour la surchauffe et la haute pression ; le tiroir cylindrique parait réservé aux basses pressions ; cette distinction justifie la création de types intermédiaires à double ou triple expansion qui comportent des soupapes au cylindre d'admission et des tiroirs Corliss aux cylindres de détente ; ces types ont été présentés dans la section allemande et presque exclusivement dans la section autrichienne.

C'est pour répondre à ces idées nouvelles que la vapeur produite à l'Exposition l'a été à 11 *kg*.

Nous donnerons tout d'abord deux tableaux, I et II, résumant les caractères principaux des machines des groupes électrogènes dans la section française et dans la section étrangère.

Tableau I

CONSTRUCTEURS MÉCANICIENS	
Société Alsacienne	
Crépelle et Garaud	
Société de Laval	
Société de Laval	
Compagnie de Fives-Lille	
Piguet et Cie	
Garnier et Faure Beaulieu	
Garnier et Faure Beaulieu	
Dujardin et Cie et Éclairage électrique . . .	
Farcot	
Weyher et Richemond; Établissements Daydé et Pillé	1[illegible]
Weyher et Richemond; Société générale électrique de Nancy	[illegible]
Weyher et Richemond; Société Électrique et Hydraulique	1 00[illegible]
Delaunay-Belleville et Cie	1 25[illegible]
Établissements Caïl	[illegible]
Dujardin et Cie; Schneider et Cie . . .	[illegible]
Hauts Fourneaux de Maubeuge . . .	[illegible]
Biétrix, Leflaive, Nicolet et Cie .	[illegible]

N[illegible]e de machin[illegible]
[illegible]ce totale [illegible]
[illegible]ce moy[illegible]

SYSTÈME DE DISTRIBUTION	DISPOSITION GÉNÉRALE
Tiroirs Corliss.	Cylindres indépendants.
Tiroirs Corliss.	Cylindres indépendants.
Turbine.	
Turbine.	
Tiroirs Corliss.	Cylindres indépendants.
Tiroir plan.	
Tiroirs Corliss.	
Tiroirs Corliss sans déclics (grande vitesse).	
Tiroirs Corliss.	Tandem.
Tiroirs Corliss.	
Papillons dans les fonds.	
Papillons dans les fonds.	
Papillons dans les fonds.	Cylindres indépendants.
Tiroirs cylindriques (grande vitesse).	Deux lignes tandem.
Tiroirs Corliss-Reynolds.	Cylindres indépendants.
Tiroirs Corliss.	Deux lignes tandem chacune avec un grand cylindre du côté de l'arbre.
Soupapes doubles dans les fonds à l'admission, tiroirs plans à l'échappement.	
Soupapes.	Tandem.

TABLEAU II **GROUPES ÉLECTROGÈNES**

	CONSTRUCTEURS MÉCANICIENS	PUISSANCE admise en chevaux	TYPE VERTICAL OU HORIZONTAL	NOMBRE d'expansions	NOMBRE de tours par minute	VITE[illegible] de pi[illegible]
Grande-Bretagne	Robey et Cie	500	Horizontal.	2	80	2.8[illegible]
	Willans et Robinson	2 400	Vertical.	3	200	4.0[illegible]
	Galloways Ld	500	Vertical.	2	105	3,5[illegible]
Pays-Bas	Stork et Cie	550	Horizontal.	2	110	3,6[illegible]
Allemagne	Fabrique de machines d'Augsbourg et Nuremberg et Hélios.	1 900	Horizontal.	3	70	3,7[illegible]
	Fabrique de machines d'Augsbourg et Nuremberg et Schuckert	2 000	Vertical.	3	83	3.04
	Fabrique de machines d'Augsbourg et Nuremberg et Lahmeyer	1 400	Vertical.	2	94	3.45
	Borsig	2 230	Vertical.	3	83,5	3.3[illegible]
Belgique	Carels frères	1 000	Horizontal.	2	94	3.0[illegible]
	Bollinckx	1 100	Horizontal.	2	80	4.0[illegible]
	Van den Kerchove	1 000	Horizontal.	2	83	3.2[illegible]
Autriche	Ringhoffer	1 600	Vertical.	3	95	2.8[illegible]
	Société par actions pour la construction des machines à Brunn.	910	Horizontal.	2	125	3,7[illegible]
Hongrie	Lang et Cie	1 200	Horizontal.	2	125	4,1[illegible]
Suisse	Sulzer frères	400	Vertical.	2	250	3.3[illegible]
	Escher Wyss	900	Horizontal.	2	94	3.4[illegible]
Italie	Tosi	1 200	Horizontal.	4	107	4.2[illegible]
	Tosi	600	Vertical.	3	162	3.5[illegible]
Suisse (Machines prévues pour marcher en charge, mais ayant tourné à vide.)	Émile Mertz	360	Vertical.	3	280	2.4[illegible]
	Sulzer frères et Brown Boveri	1 700	Horizontal.	3	83	4.1[illegible]
	Sulzer frères et Rieter	700	Horizontal.	2	100	3.0[illegible]

RÉSUMÉ

Nombre de machines	19
Puissance totale admise	21 650 *ch ind.*
Puissance moyenne des machines	1 140 *ch*

– SECTION ÉTRANGÈRE

SYSTÈME DE DISTRIBUTION	DISPOSITIONS GÉNÉRALES
Soupapes à l'admission, déclics au petit cylindre, tiroirs plans à l'échappement.	Cylindres indépendants.
Tiroir central.	Simple effet, trois lignes jumelées à trois cylindres superposées chacune.
Tiroirs Corliss.	Cylindres indépendants.
Soupapes aux deux cylindres, sans déclics.	Cylindres indépendants.
Soupapes (déclics au petit cylindre).	Deux lignes tandem chacune ayant un grand cylindre du côté de l'arbre.
Soupapes (déclics au petit cylindre).	Cylindre haute pression au milieu, cylindre moyenne pression d'un côté, cylindre basse pression de l'autre.
Même distribution.	Même disposition.
Soupapes à déclics au petit cylindre, tiroirs Corliss aux deux autres.	Deux lignes chacune ayant un grand cylindre en bas.
Soupapes aux deux cylindres (déclics au petit cylindre).	Cylindres tandem.
Tiroirs Corliss.	Cylindres indépendants.
Pistons-valves aux deux cylindres (déclics aux deux cylindres).	Cylindres tandem.
Soupapes à déclics aux deux cylindres à haute pression, tiroirs Corliss aux deux cylindres de détente.	Deux lignes tandem avec chacune un cylindre de haute pression en haut.
Soupapes aux deux cylindres, sans déclics au petit cylindre.	Cylindres indépendants.
Soupapes aux deux cylindres, déclics au petit cylindre.	Cylindres indépendants.
Tiroirs cylindriques rotatifs.	Cylindres côte à côte.
Tiroirs Corliss; détente Frichard.	Cylindres tandem.
Soupapes (déclics au petit cylindre).	Deux lignes tandem.
Tiroirs cylindriques.	Deux lignes tandem.
Tiroirs cylindriques.	Trois cylindres côte à côte.
Soupapes (déclics au petit cylindre).	Deux lignes tandem ayant chacune un grand cylindre du côté de l'arbre.
Soupapes (déclics au petit cylindre).	Tandem.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

Nombre de machines françaises ou étrangères	37
Puissance totale admise.	36 085 *ch ind.*
Puissance moyenne par machine	975 *ch*

Il faut reconnaître qu'en France, si des machines de grande puissance des groupes électrogènes sont restées monocylindriques (Piguet et Cie; Garnier et Faure-Beaulieu; Farcot; Weyher et Richemond ; Hauts Fourneaux de Maubeuge), d'autres se sont présentées à double expansion : Crépelle et Garand; Société Alsacienne; Compagnie de Fives-Lille; Dujardin et Cie; Weyher et Richemond; Société Cail; Biétrix, Leflaive et Nicolet; d'autres enfin à triple expansion : Dujardin et Cie; Delaunay-Belleville à grande vitesse.

Presque toutes ces machines ont des distributeurs Corliss; la machine Piguet conserve un tiroir plan de grandes dimensions; les machines Weyher et Richemond comportent des distributeurs nouveaux constitués par des papillons placés dans les fonds; la machine Delaunay-Belleville verticale à grande vitesse possède des tiroirs cylindriques; dans la machine des Hauts Fourneaux de Maubeuge, la distribution est du type Hoyois, avec doubles soupapes d'admission dans les fonds et tiroirs plans pour l'échappement. Seule, la machine-tandem de la maison Biétrix possède des soupapes Collmann aux deux cylindres.

D'après le tableau II, nous voyons qu'à l'étranger toutes les machines à allure normale comportent des soupapes, soit à tous les cylindres, soit au moins au cylindre à haute pression; nous ne retrouvons les tiroirs Corliss aux deux cylindres que dans les machines Bollinckx de Belgique et Escher Wyss de Suisse.

Je mentionnerai également les principales machines exposées, tournant à vide ou ne tournant pas et marchant à allure normale.

France.

Établissements Weyher et Richemond. — Machine Corliss ordinaire; machine Corliss avec volets équilibrés à l'intérieur des tiroirs d'admission.

Brulé et Cie. — Machine Corliss.

Société alsacienne de constructions mécaniques. — Machine horizontale tandem de 300 *ch.*

Chaligny et Cie. — Machine fixe compound à tiroirs plans accolés de 110 *ch.* Machine pilon compound de 80 *ch.*

Schneider et Cie. — Machine horizontale à tiroirs cylindriques-valves.

Mollet-Fontaine et Cie. — Machine Corliss.

Aillot. — Machine Corliss, l'admission à l'intérieur de l'échappement.

AUTRICHE.

Marky, Bromovsky et Schulz, à Prague. — Machine compound à deux cylindres indépendants de 250 *ch* à 110 tours, soupapes au petit cylindre, Corliss-Wheeloch au grand.

Société anonyme de Prague pour la construction de machines, à Prague. — Machine de 200 *ch*, disposée comme la précédente, avec détente à soupapes Radovanovitch au petit cylindre.

Société anonyme pour la construction des machines Brand et Lhuillier, à Brünn. — Mêmes dispositions.

BELGIQUE.

Prudhomme-Prion. — Machine compound de 250 *ch* à 125 tours, soupapes Radavanovitch au petit cylindre.

Machines à un seul cylindre :

Ateliers Walschaerts (soupapes).

Maison Beer (tiroirs plans).

Société des Forges, Usines et Fonderies de Gilly (soupapes).

GRANDE-BRETAGNE.

Marshall Sons and Co. — Machine compound à cylindres indépendants à soupapes.

Ruston, Proctor and Co. — Machine Corliss.

HONGRIE.

Schlick. — Compound horizontale à cylindres indépendants avec soupapes sans déclics au petit cylindre et tiroirs plans au grand cylindre.

RUSSIE.

Bromley frères. — Machine horizontale à triple expansion et deux lignes, comportant l'une, le petit cylindre du côté de l'arbre, le moyen cylindre en tandem derrière, l'autre, un grand cylindre unique ; distribution par soupapes sans déclic au petit cylindre.

Remarque sur le compoundage des machines.

Avant d'aller plus loin, je vous demanderai la permission de vous présenter quelques remarques personnelles sur le compoundage des machines.

Vers 1889, alors que les machines avaient une puissance moyenne de 100 à 200 *ch*, la question de consommation se posait entre les machines monocylindriques Corliss ou dérivées et les machines *compound à tiroirs plans ordinaires* et il semblait que la lutte se soutenait à armes égales, mais, depuis, on a cherché dans le compoundage, non pas un remède à une machine ordinaire, mais une amélioration économique à une machine monocylindrique déjà bien conçue par elle-même. C'est ce que M. Hirsch disait dans son rapport sur la classe 52 à l'Exposition de 1889 : « la supériorité économique de la machine à plusieurs cylindres, toujours notable, n'est pas très grande lorsque l'on a affaire à des appareils bien construits, bien conduits et en parfait état, mais elle s'accentue et devient importante si l'état de la machine est ordinaire ou médiocre ».

Toutefois, en 1889, M. Hirsch se demandait si l'économie obtenue par le compoundage des machines à déclenchement n'était pas payé trop cher par la complication du système et l'augmentation des frais de toute nature, et il ne trouvait la solution justifiée que lorsque la puissance à produire était considérable ; c'est dans ces conditions que se sont présentées les puissantes machines motrices de l'Exposition de 1900, et leur compoundage était tout indiqué.

C'est ici le moment de préciser les éléments de l'amélioration obtenue par le compoundage des machines, malgré la perte de travail entre les cylindres.

Dans toute machine, la consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure est proportionnelle au quotient $\frac{Q}{P}$.

Q étant la dépense de vapeur par coup de piston, calculée d'après le jaugeage de l'eau alimentée dans la chaudière d'essai;

P étant la pression moyenne de la vapeur dans le cylindre mesurée sur des diagrammes relevés.

Le terme Q se compose de trois éléments :

q, poids de vapeur sensible donné par le diagramme à fin ad-

mission et calculé d'après les dimensions du cylindre et la densité correspondante à la pression;

q' poids de vapeur dépensé dans l'espace mort;

q'', poids de vapeur condensé dans le cylindre à fin admission insensible au diagramme et donné par la différence $Q - (q + q')$, d'après une expérience de jaugeage direct à la chaudière.

Dans une machine compound, le terme P se compose de :

$\frac{p}{r}$, pression moyenne dans le petit cylindre diminuée dans le rapport du volume des deux cylindres r;

p', pression moyenne dans le grand cylindre.

Cela étant, nous rappellerons que la puissance d'une machine compound ne dépend que du volume du grand cylindre, lequel volume doit être théoriquement celui de la machine à un seul cylindre de même force, les volumes de vapeur enfermés à la fin de l'admission dans le petit cylindre de la compound ou dans la machine monocylindrique étant les mêmes; théoriquement, le volume du petit cylindre n'a aucune influence sur le travail à obtenir.

Si nous comparons alors les deux machines, la première monocylindrique, la seconde compound répondant toutes deux aux conditions suivantes :

1° Égalité des volumes du grand cylindre compound et du volume de la machine monocylindrique;

2° Égalité des volumes et de la pression et par suite du poids q de la vapeur sensible au diagramme, renfermée à fin admission dans le petit cylindre compound et dans la machine monocylindrique;

Les relevés de diagrammes à l'indicateurmontrent qu'à cause de la perte de pression résultant du passage de la vapeur entre les deux cylindres, le travail recueilli dans la machine compound proportionnel à $\frac{p}{r} + p'$ est plus faible que celui proportionnel à P fourni par la machine monocylindrique et que, partant, la consommation serait *a priori* plus forte, si d'autres raisons ne venaient en même temps diminuer les facteurs q' et q'' (dépense de vapeur dans l'espace mort et condensations à l'admission), du numérateur de la consommation par cheval et par heure. C'est de la variation de ces divers facteurs que résulte la consommation par cheval.

La perte de travail entre les cylindres est figurée sur les diagrammes ci-après relevés, l'un sur une machine Compound à distributeurs Corliss, l'autre sur une machine à tiroirs plans; dans la première machine, la fermeture des tiroirs étant plus rapide, le laminage de vapeur et par suite la perte de travail entre les cylindres sont beaucoup plus faibles

En fait, la pratique et les essais ont montré que le compoundage appliqué judicieusement avec l'augmentation de pression

Machine Compound
à tiroirs plans

Perte entre les cylindres

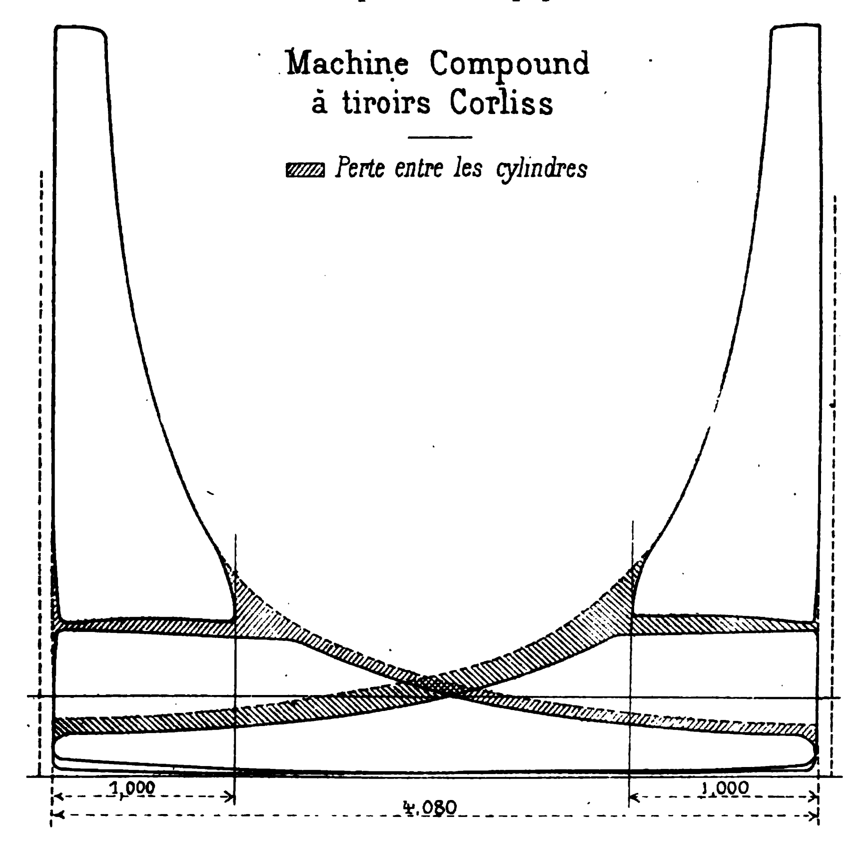
1,000
1,000
1,809

a permis de diminuer la consommation; c'est dans ces conditions qu'ont été présentés les essais de machines exposées en 1900.

Ainsi, en parcourant un tableau d'essais de consommation présenté par la maison Sulzer frères sur des machines de sa construction de 1875 à 1900, on voit que la consommation des machines monocylindriques sans surchauffe, qui était de 8,3 *kg* pour une puissance de 300 *ch*, à une pression de 6 *kg*, s'est abaissée en moyenne jusqu'à n'être plus, à force égale, que de 6,2 *kg* à double expansion et à une pression de 7 à 8 *kg* et 5,6 *kg* à triple expansion et à une pression de 9 à 10 *kg*.

Avec surchauffe, ces chiffres tendent à diminuer encore ; on a trouvé une consommation, en 1893, de 4,51 à 9,6 *kg* de pression et 167° de surchauffe pour une machine à triple expansion de 298 *ch* et, en 1900, 4,27 à 12,83 *kg* de pression, 111° de surchauffe pour une machine à triple expansion de 2 883 *ch* (Station centrale de Berlin).

Pour des machines compound à soupapes de la maison Carels



frères, de Gand, on a trouvé des consommations comprises entre 6,2 *kg* en 1891, à 437 *ch* et 5,42 *kg* en 1900 à 1 275 *ch*. Ces chiffres sont très bas.

Par opposition, il est utile de faire ressortir d'autre part les consommations déjà très basses obtenues avec certaines machines monocylindriques françaises, bien conçues, bien chemisées, etc.

J'ai trouvé personnellement pour certaines machines monocylindriques Corliss du type de celles exposées, de 150 et 200 *ch*, marchant à 6 *kg*, des consommations de 6,75 et 6,6 *kg* seulement ;

ces chiffres sont bien inférieurs à ceux des machines à soupapes à un seul cylindre.

Il faut reconnaître que les tiroirs Corliss permettent de réduire au minimum les espaces morts, d'offrir à la vapeur des passages courts et de forme simple présentant de faibles surfaces refroidissantes; tel n'est pas le cas des soupapes et le compoundage des machines à soupapes s'impose presque pour abaisser la consommation.

Ces remarques justifient pleinement la création des types présentés dans les sections allemande et autrichienne et qui comportent des soupapes aux cylindres à haute pression et des tiroirs Corliss aux cylindres de détente.

Je terminerai ces remarques générales en souhaitant que les constructeurs des machines monocylindriques françaises rappelées plus haut compoundent également leurs machines; elles seraient certainement les plus économiques.

Ce compoundage a d'ailleurs été appliqué en France, comme je l'ai rappelé plus haut sur plusieurs machines des groupes électrogènes français de l'Exposition; les applications, à triple expansion, ont démontré que les tiroirs Corliss peuvent encore être employés pour des pressions de 10 à 11 *kg*; il faut en conclure que si les soupapes sont nécessaires pour la surchauffe, elles ne sont pas indispensables pour des pressions de 10 à 11 *kg*.

Comme résultats du compoundage de machines en France, je citerai les chiffres suivants trouvés pour la consommation des machines Dujardin.

GENRE DU MOTEUR	PUISSANCE NORMALE	PUISSANCE DÉVELOPPÉE aux essais	PRESSION au petit CYLINDRE	CONSOMMATION par CHEV.-HEURE
	ch	*ch*	*kg*	*kg*
Double expansion.	900	483,7	6,43	6,50
—	625	242	6,070	6,067
—	1 000	685,82	6,14	6,06
Triple expansion	1 000	758	10,50	5,941
—	815	581,6	10,25	5,44

Ces remarques générales étant faites, nous aborderons les perfectionnements principaux relevés dans la construction et la conception des diverses machines exposées.

Machines à vitesse normale.

Machines Compound, disposition en tandem ou à cylindres indépendants. Ces deux dispositions sont adoptées pour la double expansion et même combinées ensemble pour la triple expansion.

Comme machines horizontales à double expansion nous citerons, disposées en tandem, les machines suivantes : Société Alsacienne de constructions mécaniques, Dujardin, Biétrix, Carels, Van den Kerchove, Sulzer et Escher Wyss; comme machines disposées en cylindres indépendants, nous citerons les machines Crépelle et Garand, Fives-Lille, Weyher et Richemond, Robey, Galloway, Stork, Bollinckx, Prudhomme-Prion, Lang, Schlich (Hongrie), Société de Construction de machines, système Lantz, à Brünn, Marky Bromovsky et Schulz, à Prague, Société Brand et Lhuillier, à Brünn, Société de Prague pour la construction de machines à Prague (Autriche).

Les machines à triple expansion sont en général formées de quatre cylindres disposés en tandem sur deux lignes. Les cylindres de basse pression sont dédoublés, placés auprès de l'arbre, avec à l'arrière, sur une ligne, le petit cylindre, sur l'autre le moyen cylindre; telle est la machine horizontale de la Société d'Augsbourg et Nuremberg, et une des machines Sulzer. Dans la machine Bromley frères, de Moscou, il n'y a d'un côté qu'un seul grand cylindre.

Pour les machines verticales, le tandem n'est pas adopté généralement, afin d'éviter d'avoir des appareils trop hauts; néanmoins, la machine Borsig, de Berlin, s'est présentée à triple expansion avec deux lignes de cylindres, les grands cylindres dédoublés étant vers le bas. De telles machines exigent de nombreux renvois, bielles, etc., pour attaquer à toutes hauteurs les divers mouvements; elles demandent un personnel important et elles exigent une plus grande surveillance étant moins accessibles.

La machine verticale Ringhoffer (Autriche) à triple expansion, comporte deux lignes tandem, formées chacune en haut d'un petit cylindre dédoublé, puis au-dessous, d'un côté, le moyen cylindre, de l'autre, le grand cylindre.

Dans les machines en tandem, les petits cylindres sont à l'arrière du grand. Cette disposition est justifiée par des considérations pratiques; d'abord, elle conduit à supprimer l'un des presse-étoupes soumis à la haute pression, puis, à guider entre

deux presse-étoupes, le piston le plus lourd, ce qui est naturel, la glissière de tête de piston est moins échauffée; les condenseurs sont disposés plus facilement; enfin, bien que partout les organes de la distribution soient d'un accès facile, cette facilité est accrue à l'arrière où précisément l'emploi de la haute pression exige que l'entretien et la surveillance soient plus fréquents.

Toutefois, dans les machines à triple expansion de M. Tosi, les grands cylindres sont à l'arrière; dans celle de MM. Bromley frères, la ligne tandem comporte le petit cylindre près de l'arbre, et le moyen cylindre à l'arrière.

Proportion entre le diamètre et la course. — L'économie des machines Corliss a paru résider dans l'adoption d'une grande longueur pour la course du piston comparée à son diamètre. La forme allongée du cylindre entraîne des surfaces offertes à l'admission plus faibles, et par suite, des condensations de vapeur également plus faibles.

Jusqu'à des machines de 300 *ch* environ, on peut conserver le diamètre égal à la moitié de la course; mais au delà, la course augmente moins que le diamètre à cause de la limite de vitesse du piston.

Dans les machines à triple expansion, la proportion ne peut plus être conservée au grand cylindre.

Ces remarques s'appliquent aussi bien aux machines à soupapes qu'aux machines Corliss; toutefois, les machines à soupapes peuvent tourner un peu plus vite, et la course peut être plus faible à force égale.

Dans les machines verticales, les proportions précédentes ne peuvent plus être conservées, car on aurait des machines trop hautes et moins bien assises.

Organes de distribution. Soupapes. — Nous n'insisterons pas autrement sur les tiroirs Corliss ordinaires qui sont bien connus; nous parlerons plutôt des soupapes qui nous sont moins familières.

De grands perfectionnements ont été apportés à la construction des soupapes pour lutter contre les chocs à la levée et à la descente, tout en cherchant à augmenter la vitesse.

D'une manière générale, les constructeurs ont cherché à ce qu'au commencement de l'ouverture et à la fin de la fermeture, les mouvements aient une faible vitesse pour éviter les chocs.

On adopte généralement des soupapes à deux ou à quatre sièges pour éviter une grande levée et, par suite, une grande retombée; les soupapes à quatre sièges conviennent plus particulièrement pour de grandes machines ayant un plus grand nombre de tours; nous les trouvons dans la nouvelle machine Sulzer et dans la machine Tosi.

La maison Sulzer présente une machine à soupapes d'un nouveau système de distribution; les soupapes sont à quatre sièges; le mouvement de distribution est basé sur l'application d'un levier roulant soulevant la soupape et oscillant sur une base ajustable *(fig. 4 et 5, Pl. 4)*.

La soupape retombe comme à l'ordinaire, sous l'action d'un ressort, mais la bielle qui conduit l'extrémité du levier roulant porte un piston à air muni d'un ressort supplémentaire. Quand la soupape se lève, l'air est aspiré; quand elle retombe sous l'action du ressort, l'air est comprimé; d'ailleurs, cette compression d'air pour arrêter tout le système ne s'effectue qu'après la fermeture de la soupape.

La vitesse de la chute et de l'arrivée de la soupape sur son siège dépend de l'effet de la courbe du levier roulant, de la force des deux ressorts et des masses en mouvement.

Dans ce dispositif de levier roulant, le régulateur a moins de résistance à vaincre; ce qui est très important pour les faibles charges où le réglage est toujours plus difficile.

Cette même disposition du levier roulant est appliquée aux soupapes d'échappement.

Dans les soupapes à faible levée, telles que celles à quatre sièges, il faut se préoccuper des jeux possibles dans la distribution par suite de l'usure des pièces. Ces jeux peuvent se multiplier sur l'attaque de la soupape et la distribution se dérégler.

Le levier roulant obvie aussi à cet inconvénient en raison du contact tangentiel entre le levier et sa base.

L'emploi de leviers roulants est adopté sur plusieurs machines à soupapes à l'Exposition

C'est dans le même ordre d'idées que les soupapes de la machine Borsig sont pourvues d'une cataracte à huile, système Collmann. Lorsque l'admission est coupée, la soupape est renvoyée sur son siège par le ressort de rappel; elle porte un piston qui s'enfonce alors dans un réservoir d'huile et son mouvement est ralenti peu à peu jusqu'à l'amener sans choc sur son siège.

Nous citerons aussi les soupapes Lantz dans la machine en

fonctionnement de 1 000 *ch* de la Société par actions pour la Construction des machines à Brünn (Autriche) :

Dans les soupapes à double siège, le diamètre du siège inférieur doit être plus petit que celui du siège supérieur pour pouvoir passer le double clapet.

La charge subie de ce fait par le clapet en présence des hautes tensions de vapeur que l'on produit actuellement est très considérable; il faut qu'elle soit surmontée par la commande de distribution de la machine, ce qui provoque dans cette commande des tensions inutiles et influe sur le réglage exact de la machine par le régulateur.

La soupape Lantz remédie à cet inconvénient. Son siège est coulé d'une seule pièce avec le double clapet, puis le clapet et le siège sont travaillés en même temps et ce dernier est détaché de façon à former un anneau pouvant être déplacé çà et là sur le double clapet. Cette construction permet d'obtenir le siège inférieur de même diamètre que le siège supérieur.

Nombre de tours. — Avec les dispositifs adoptés pour que la fermeture des soupapes se fasse sans choc, il a été possible d'augmenter le nombre de tours des machines. Ce nombre peut atteindre de 100 à 125 suivant la puissance.

Avec les tiroirs Corliss à déclics, le nombre de tours n'a pas dépassé 85 (machine Garnier et Faure-Beaulieu à 400 *ch*).

Comme la force est proportionnelle au nombre de tours, il en résulte qu'à force égale, il est possible de faire des cylindres plus petits; ce qui entraîne aussi une réduction de prix.

Vitesse du piston. — La vitesse du piston atteint 4 *m* par seconde pour les machines horizontales; elle est de 4,25 *m* dans la machine Tosi.

Elle est plus faible pour les machines verticales dont les courses sont moins longues, pour ne pas exagérer la hauteur de l'ensemble. Pour la machine verticale Borsig, elle est de 3,44 *m*; pour les machines verticales d'Augsbourg 3,04 et 3,45 *m*.

Dans les machines Bonjour, exposées par le Creusot, la vitesse atteint 5 *m* pour une machine horizontale à distribution par pistons-valves, et 5,40 *m* dans une machine verticale de torpilleur à commande hydraulique des tiroirs.

Commande des soupapes et des tiroirs cylindriques. — La commande des soupapes se fait généralement par des cames ou des excen-

triques montés sur un arbre parallèle au cylindre, et attaqués par engrenages d'angle sur l'arbre moteur.

Pour les tiroirs Corliss, l'attaque se fait par des excentriques sur l'arbre moteur dont les tiges sont forcément longues, surtout pour les machines horizontales de grande puissance et de grande course; ces tiges doivent être très robustes pour éviter les vibrations et il en est de même des diverses bielles de détente.

Pour éviter ces longueurs de tiges, certaines machines horizontales à l'étranger, comportent un arbre parallèle à l'arbre moteur, en avant du volant et attaqué par engrenages d'angle; c'est sur cet arbre que sont montés les excentriques de la distribution.

Enveloppe de vapeur. — L'enveloppe continue à être adoptée et appliquée aussi sur les fonds, sauf dans les cas de surchauffe dont nous reparlerons.

Dans les machines à double ou triple expansion devant marcher avec surchauffe, l'enveloppe n'existe qu'aux cylindres de détente; elle est supprimée aux petits cylindres, comme dans les machines Tosi, Ringhoffer, etc.

Il faut citer ici les tentatives faites pour chauffer les pistons sur des machines de la Section belge, telles que les machines Beer, Walschaerts; le piston-fourreau de la machine à grande vitesse de M. Bourdon est également chauffé à l'intérieur.

Régulateurs. — Le régulateur attaque la détente par les dispositions ordinaires bien connues.

Le régulateur agit tantôt directement sur la position du déclic, tantôt en faisant changer le calage des excentriques commandant les organes distributeurs, soupapes ou autres (machines à soupapes Lantz, Stork, machine Garnier à grande vitesse); machine de la Société de Constructions de Prague (Ruston et Cie) à détente Radovanovitch.

Dans ce dernier cas, la commande de la soupape est desmodromique, c'est-à-dire qu'elle est faite par des organes rigides et à liaison complète.

En ce qui concerne les machines compound, le régulateur agit sur l'admission au petit cylindre seulement; dans quelques machines toutefois, il agit en même temps sur le grand cylindre, cette double action semble une erreur, car c'est en faisant varier le volume de vapeur admis, c'est-à-dire l'admission au petit cylindre seulement, qu'on répondra aux variations de

charge; l'action simultanée sur le grand cylindre peut, d'ailleurs, entraîner des contre-pressions.

Toutefois, quand les machines doivent, pendant un certain temps, travailler à une charge plus faible ou plus forte, il peut être utile de pouvoir agir sur le grand cylindre pour chercher à répartir plus convenablement le travail entre les deux cylindres, dans ce but, on peut faire varier l'admission dans le grand cylindre, mais à la main; ce dispositif a été, en général, adopté dans presque toutes les machines exposées. Dans les machines à triple expansion, l'admission est alors variable à la main au moyen cylindre; elle reste fixe au grand.

Nous signalerons dans les machines à soupapes, la disposition du régulateur monté directement sur l'arbre de commande de ces soupapes, et supprimant ainsi tout renvoi par bielles. Le régulateur est alors enfermé dans une boîte cylindrique. Cette disposition est presque exclusivement adoptée sur les machines des Sections autrichienne et hongroise, sur la machine Stork; dans la machine Garnier, le régulateur à ressorts sur l'arbre moteur est relié directement à l'excentrique de détente.

Nous signalerons aussi dans le groupe électrogène Robey, de la Section anglaise, le dispositif d'un régulateur électrique dont l'action s'ajoute à celle du régulateur à force centrifuge. Ce régulateur électrique est constitué par un solénoïde dont le noyau est en relation avec le contrepoids du régulateur à force centrifuge.

Ayant ainsi fait ressortir les caractères principaux des machines à l'Exposition, nous citerons quelques types spéciaux qui paraissent présenter des particularités nouvelles.

Machine Van den Kerchove (Belgique) *(fig. 11, Pl. 3)*. — Cette machineest à deux cylindres, type tandem; elle paraît posséder, à l'aspect extérieur, une distribution par soupapes; il n'en est rien. La distribution se fait aux deux cylindres par des pistons-valves cylindriques. Ces valves sont placées dans les fonds des cylindres, l'une en haut pour l'admission, l'autre en bas pour l'échappement; elles se déplacent verticalement. Avec cette disposition le volume et la surface des espaces nuisibles sont très faibles; de plus ces pistons sont équilibrés sous toute pression.

La caractéristique du fonctionnement des nouveaux obturateurs consiste en ce qu'ils dépassent librement leur point de fer-

meture et possèdent un certain recouvrement, au lieu de venir buter contre un siège ; il est ainsi permis à ceux qui régissent l'admission d'acquérir progressivement, sans choc, ni enclenchement brusques, une certaine vitesse pour le moment de l'ouverture des lumières, et inversement, au déclenchement, de retomber sans hésitation pour couper nettement l'admission de vapeur; le dashpot n'amortit l'élan de l'obturateur qu'après la fermeture, de sorte que le réglage n'en est ni délicat, ni difficile; une fois établi, celui-ci convient pour toutes les levées et toutes les pressions, avec n'importe quel régime de marche.

En résumé, ce dispositif a été créé pour ne pas avoir les chocs qu'on pourrait craindre avec les soupapes.

Machine Ringhoffer (Autriche). — Comme je l'ai indiqué précédemment, cette machine est présentée à triple expansion, à deux lignes de cylindres. Chaque ligne comporte en haut un petit cylindre, puis, au-dessous, d'un côté le moyen cylindre, et de l'autre le grand cylindre.

Il y a là une disposition toute nouvelle dans cette répartition des cylindres; le constructeur l'a adoptée après les nombreuses études qu'il a faites en tenant compte des forces d'inertie; dans les machines verticales de grande puissance dont les organes en mouvement ont une grande masse, ces forces sont loin d'être négligeables, et je vous rappelle à ce sujet la note que j'ai eu l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs Civils en avril 1897.

Or, avec la disposition adoptée du dédoublement du petit cylindre et, en tenant compte des forces d'inertie, on constate que les efforts totaux sur les tiges de piston se répartissent beaucoup plus régulièrement entre les deux lignes de cylindre ; il en résulte aussi que le volant est moins lourd.

La difficulté de cette conception pouvait résider dans l'attaque simultanée du régulateur sur les deux petits cylindres; cette attaque comporte, en effet, dans une machine de grande puissance des renvois de mouvement longs et importants dont les frottements pouvaient paralyser le mouvement du régulateur, mais la machine possède un régulateur à ressort très puissant placé au bout de l'arbre et qui permet de vaincre les résistances de ces renvois de mouvement.

Cette machine est de 1 600 *ch* à 12 *kg*. Elle tourne à 95 tours. La vitesse du piston est de 2,85 *m*.

Dans cette machine, la distribution se fait aux deux petits cylindres par des soupapes Collmann à double siège pour l'admission et l'échappement. Les cylindres de basse et moyenne pression possèdent des distributeurs Corliss.

Cette machine a déjà marché avec vapeur surchauffée à 340°. Elle ne possède pas d'enveloppe de vapeur aux petits cylindres.

Machines Dujardin. — Nous rappellerons ici la distribution adoptée par la maison Dujardin pour ses machines. Les obturateurs d'admission et d'émission de chaque côté, au lieu d'être en haut et en bas du cylindre, sont accolés l'un contre l'autre à la partie inférieure; l'aspect du cylindre est plus simple, tout le mécanisme étant ramassé à la partie inférieure.

Cette disposition rappelle le système Wheelock.

Cette distribution se retrouve dans la Section autrichienne aux grands cylindres des machines compound de la Société de Prague, de la maison Marky-Bromovsky et Schulz. Ces machines ont des soupapes comme distributeurs au petit cylindre.

Machine Weyher et Richemond. — Parmi les diverses machines exposées par la maison Weyher et Richemond, nous citerons comme type nouveau celle à volets équilibrés.

Cette machine possède des tiroirs cylindriques Corliss, actionnés constamment par excentrique et sans déclic. A l'intérieur des tiroirs sont des volets équilibrés, très légers, qui coupent l'admission par déclic suivant l'action du régulateur. C'est grâce à la légèreté de ces volets que la vitesse et le nombre de tours de la machine peuvent être augmentés. Aussi la maison Weyher et Richemond fait-elle de ces machines dont le nombre de tours par minute atteint, pour des petits types, jusqu'à 150.

De plus, comme les volets sont équilibrés sur toutes leurs faces, ils peuvent supporter de hautes pressions.

On trouve dans ce dispositif les résultats obtenus avec les soupapes marchant à haute pression et à grand nombre de tours.

Machines Bonjour, du Creusot. — Le Creusot a exposé deux machines de M. Bonjour, l'une horizontale, l'autre verticale.

La machine horizontale est extrêmement simple. Elle ne comporte aucun déclic; la distribution se fait par un double excentrique actionnant un piston-valve à la partie inférieure et à chaque extrémité du cylindre.

Cette distribution rappelle celle de la machine Van den Kerchove.

Cet ensemble de distribution permet de faire varier les admissions de 0 à 0,80, tout en maintenant constantes les avances et les compressions, d'ouvrir de larges sections d'orifice, et d'en obtenir une fermeture rapide.

Le nombre de tours de la machine est de 150 par minute, et la vitesse du piston 5 *m* par seconde.

Cette vitesse est de beaucoup la plus élevée parmi les machines exposées, dont la vitesse ne dépasse guère 4 *m* par seconde.

La machine verticale est du type pilon à trois cylindres et à triple expansion, de 1 400 *ch* en moyenne, et 1 800 au maximum; elle est destinée à un torpilleur.

Le nombre de tours maximum par minute est de 360 environ.

Le tiroir du petit cylindre est cylindrique, ceux des moyen et grand cylindre sont des tiroirs plans munis de compensateur de pression.

La conduite des tiroirs est obtenue au moyen du système de distribution hydrostatique « Bonjour », qui consiste à remplacer les excentriques, coulisses et autres organes par une colonne liquide actionnée au moyen de pompes.

Cette machine occupe un encombrement très faible; ce qui est très important pour un torpilleur.

Grâce à la commande hydraulique de la distribution, le nombre de tours est très élevé et la vitesse du piston atteint 5,40 *m*.

Machine Stork (Pays-Bas) *(fig. 9 et 10, Pl. 3)*. — Cette machine comporte les derniers perfectionnements apportés par M. Schmidt à l'application de la surchauffe.

La solution toujours recherchée par M. Schmidt est de surchauffer la vapeur à la température la plus élevée possible, tout en abaissant le plus possible également la température des parois des cylindres, tout au moins dans les parties où frotte le piston, afin d'éviter les grippements.

M. Schmidt a conçu d'abord sa machine à simple effet et sans condensation. Le piston était allongé au delà de ses segments et le compartiment arrière, à simple effet, rappelait celui des moteurs à gaz. Cette disposition permettait d'avoir une température assez basse dans la région où se meut le piston.

Puis il a constitué une machine de 100 *ch* compound et à condensation. Cette machine est d'un type spécial avec deux cylin-

dres horizontaux à haute pression et à simple effet, et un cylindre vertical à basse pression, mais à double effet. Dans le cylindre à haute pression la distribution a lieu par des tiroirs cylindriques.

De telles machines étaient de construction chère par cheval.

Enfin, à l'Exposition de Bruxelles, la machine Schmidt s'est présentée, toujours à simple effet, sous la forme tandem.

Le cylindre à haute pression est à l'arrière du cylindre à basse pression, et le grand piston est prolongé par un fourreau qui forme le petit piston, de manière à constituer un piston différentiel avec une seule tige et un seul presse-étoupe. Autour du petit cylindre est un réservoir qui reçoit la vapeur d'échappement.

Enfin, voulant rendre ces machines dans les conditions ordinaires de poids par cheval, M. Schmidt a abordé l'application de la surchauffe sur les machines à double effet, et c'est dans ces conditions qu'a été présentée, à l'Exposition, la machine compound de MM. Stork frères.

M. Schmidt a basé cette dernière application sur ce fait que la surchauffe est d'autant plus possible que la détente est plus grande, car alors le cylindre est plus refroidi ; c'est ainsi que dans une machine compound la surchauffe est tout indiquée au grand cylindre.

D'ailleurs, la surchauffe doit pouvoir varier quand l'admission au petit cylindre et, par suite, la pression d'admission au grand varient.

Dans la machine Stork, on a appliqué la surchauffe également au grand cylindre et on a cherché à faire varier à volonté le degré de surchauffe aux deux cylindres.

Cette variation est confiée au régulateur lui-même. Il y a là une innovation très intéressante.

La disposition adoptée est la suivante :

Entre les deux cylindres est un réservoir tubulaire parcouru intérieurement par la vapeur surchauffée prise sur l'arrivée de vapeur même au petit cylindre.

La vapeur d'échappement du petit cylindre passe par ce réservoir avant d'aller au grand cylindre.

Enfin, la vapeur surchauffée, ayant traversé le réservoir, en sort désurchauffée ou simplement saturée, et elle va se réunir à la vapeur surchauffée qui arrive dans le petit cylindre ; le régulateur, tout en agissant sur l'admission comme à l'ordinaire,

porte, à sa partie inférieure, un papillon sur ce retour de la vapeur désurchauffée.

La surchauffe est alors variable :

1° Au petit cylindre par l'adjonction plus ou moins grande de cette vapeur de circulation désurchauffée;

2° Au grand cylindre, par le passage plus ou moins grand de la vapeur surchauffée au réservoir.

Cette machine est sans enveloppe.

Comme organes distributeurs, cette machine comporte des soupapes au petit et au grand cylindre ; ces soupapes sont sans déclics, à levier roulant renversé.

C'est sur une telle machine de 450 *ch* à 85 tours que l'on a trouvé, avec une surchauffe de 324° au petit cylindre, et de 175° au grand, une consommation de 4,38 *kg* seulement de vapeur, et 0,55 de charbon.

Machines demi-fixes. — Je n'ai jusqu'ici parlé que des machines fixes ; comme demi-fixes, nous citerons les machines des maisons Weyher et Richemond, Chaligny, Brulé, Brouhot, Merlin, Société de Matériel agricole, Lefebvre-Albaret et Laussedat, Garrett et Sons, Ransomes, Sims et Jefferies, Fabrique de machines de Budapest.

Ces machines ont des forces qui ne dépassent guère 50 *ch*; dans la section allemande, nous trouvons deux machines demi-fixes remarquables par leur puissance ; ce sont celle de la maison Lanz, de Mannheim, et celle de la maison Woolf.

Machine Lanz. — Cette machine est de 250 à 300 *ch* effectifs et de 400 maximum. Elle pèse 65 *t*. Elle est du type compound.

Sa chaudière est à faisceau tubulaire amovible. Sa surface de chauffe est de 135 m^2.

La distribution est du système Rieder.

Entre les cylindres à vapeur et les trois paliers de l'arbre-manivelle sont intercalées de robustes tiges en fer forgé, qui relient et entretoisent ces diverses parties et absorbent, pendant la marche de la machine, tous les efforts qui, sans ce dispositif, se transmettraient à la chaudière. Celle-ci se trouve par suite soulagée et ménagée, et le fonctionnement de la machine se fait d'une façon très douce et très régulière.

L'emploi de ces entretoises oblige à disposer les paliers de l'arbre-manivelle de telle sorte qu'ils puissent se déplacer légè-

rement, de façon à compenser la dilatation de la chaudière. Ce résultat est obtenu en montant ces paliers, que les entretoises relient rigidement aux cylindres à vapeur, dans des rainures longitudinales à section prismatique ménagées dans la selle, qui embrasse la chaudière. Dans ces conditions, cette dernière peut s'allonger sans obstacle sous l'action de la chaleur.

La machine Woolf, de système analogue, peut donner 200 et 350 *ch* maximum.

Machines à grande vitesse.

Nous ne nous sommes occupés jusqu'ici que des machines de grande puissance dont la vitesse oscille autour de 100 tours par minute et qui actionnent des alternateurs de haut voltage.

L'Exposition de 1900 a montré également les machines à grande vitesse de dimensions réduites accouplées aussi directement aux dynanos pour l'éclairage.

En 1889, les machines à grande vitesse étaient de deux catégories : 1° celles à vitesse de 100 tours à 250 tours attaquant des dynamos du type ordinaire par courroies ou des dynamos à faible vitesse, montées directement sur l'arbre moteur ; 2° celles à très grande vitesse supérieure à 250 tours, et attaquant directement des dynamos du type ordinaire, poûr les installations exigeant une place très restreinte.

Depuis 1889, la première de ces dispositions tend à disparaître.

Les besoins d'éclairage dans les villes ne sont compatibles qu'avec des espaces très restreints qui exigent la suppression de toute courroie, et c'est presque uniquement le type avec dynamos accouplées directement qui est adopté pour les machines à grande vitesse.

A l'Exposition, plusieurs de ces machines concouraient à la production de l'énergie électrique ; c'étaient les machines Willans et Robinson, Section anglaise, 2 400 *ch* ; Sulzer, 400 *ch* ; Mertz, Section suisse, 360 *ch* ; Tosi, Section italienne, 600 *ch* ; Delaunay-Belleville, 1 250 *ch* ; Garnier et Faure-Beaulieu, 135 *ch* ; Boulte et Larbodière (excitatrice du groupe électrogène Dujardin-Éclairage électrique).

Parmi les autres machines inertes ou tournant à vide, nous citerons les machines Escher-Wyss (Suisse), Société des moteurs à grande vitesse, à Liège, fabrique d'Augsbourg et de Nuremberg

(Allemagne), Sautter, Harlé et Cie, Bourdon, Lederer et Porges (Autriche), diverses machines anglaises, etc.

Ces machines sont, en général, du type pilon; leur vitesse atteint, suivant la puissance, de 200 à 300 tours par minute; la distribution ne peut plus alors se faire par des déclics; elle se fait par des tiroirs cylindriques équilibrés.

Nous passerons rapidement en revue ces divers types de machines.

Machine Sulzer *(fig. 6 et 7, Pl. 4)*. — Cette machine faisait partie d'un groupe électrogène de 300 *ch*. Elle est à double expansion et constituée par deux lignes jumelées à 180°. Chaque ligne comporte deux petits cylindres en tandem, le petit cylindre à la partie supérieure. Cette machine est à double effet. La distribution se fait par un tiroir rotatif placé entre les deux cylindres.

L'axe de ce tiroir est attaqué par un engrenage cône pris sur l'arbre moteur; il porte, en outre, les deux tiroirs de haute et de basse pression et le régulateur; concentriquement au tiroir du petit cylindre est un tiroir de détente à orifice incliné actionné également par le régulateur, genre Rieder.

Cette machine est très ramassée ; elle tourne à 250 tours.

Des essais, sur cette machine, ont donné une consommation de vapeur de 7,78 *kg* à 8 *kg* par cheval-heure indiqué avec une pression de 9,26 *atm* à 9,06 *atm*.

Machine de la Société des moteurs a grande vitesse, à Liège. — Cette machine comporte la même disposition de tiroirs rotatifs entre deux lignes de cylindres, analogue à celle de la machine Sulzer, mais les cylindres sont à simple effet; la détente n'est pas variable au petit cylindre; le régulateur est placé horizontalement au bout de l'arbre: il agit sur un papillon à l'arrivée de vapeur.

Deux de ces machines étaient en fonctionnement à la Tour Eiffel pour l'éclairage électrique.

Machine Escher-Wyss. — Cette machine est à triple expansion et à trois manivelles, le petit cylindre est placé entre les deux cylindres de détente ; il porte un tiroir cylindrique avec détente Rieder ; les deux autres cylindres ont des tiroirs plans.

La puissance est de 300 *ch;* le nombre de tours est de 175.

Machine Tosi. — Cette machine est à quadruple expansion et deux lignes tandem avec manivelle à 90°.

Une ligne comprend en bas le petit cylindre et au-dessus le deuxième cylindre, la deuxième ligne comprend en bas le troisième cylindre et au-dessus le quatrième.

Le nombre de tours est de 180.

Tous les cylindres, à l'exception de celui à haute pression qui est destiné à travailler avec la vapeur surchauffée, sont pourvus d'enveloppe de vapeur rapportée. La distribution de la vapeur dans chaque cylindre s'effectue au moyen de tiroirs-cylindres équilibrés. Les tiroirs pour le troisième et le quatrième cylindre sont montés sur une seule tige actionnée par un excentrique, tandis que les deux tiroirs pour le premier et le deuxième cylindre sont indépendants l'un de l'autre; chacun a sa propre tige et son propre excentrique. L'excentrique, pour le cylindre à haute pression, est en communication avec un régulateur axial qui varie l'admission dans les limites de 0,60 0/0.

La maison Tosi exposait aussi une autre machine pilon à une seule ligne de cylindres tandem à distribution analogue à la précédente.

Ce dernier type est construit pour des forces de 5 à 600 *ch* à 600 tours, jusqu'à 700 *ch* à 180 tours.

Machines Mertz. — Une machine qui devait être en charge à l'Exposition était à triple expansion *(fig. 3, Pl. 4)*.

Cette machine, verticale, est essentiellement constituée par la combinaison de trois cylindres à haute, moyenne et basse pression placés l'un à côté de l'autre.

Dans chacun des cylindres, deux pistons, dont les tiges peuvent coulisser l'une dans l'autre, se déplacent en sens inverse, la vapeur vive agissant successivement sur leur face interne et externe. Chaque cylindre joue donc le même rôle que deux cylindres à double effet combinés. Cette disposition permet notamment, pour une même vitesse de rotation de l'arbre principal, de diminuer de moitié la vitesse des pistons, par rapport à une machine à vapeur ordinaire, avec cylindres à un seul piston.

Le nombre de tours est de 180.

Les manivelles, commandées par les deux systèmes de pistons de chaque cylindre, attaquent l'arbre moteur à 120° l'une de l'autre.

Tandis que la tige pleine du piston supérieur s'attache directement, à la façon ordinaire, à la bielle motrice, la tige creuse du piston inférieur se fixe sur une traverse aux extrémités de

laquelle deux bielles sont placées, qui transmettent l'effort moteur sur l'arbre-manivelle. La combinaison des efforts résultants sur l'arbre-manivelle est telle que les pressions exercées sur les paliers s'annulent réciproquement et que la machine est exactement équilibrée. Ce fait a permis à l'Exposition de faire fonctionner cette machine, à pleine charge, sans boulons de fondation.

Les tiroirs de distribution sont logés entre les cylindres et actionnés directement par excentriques. Pour le cylindre à basse pression, il existe deux tiroirs de distribution. La détente, commandée par tirois creux, est fixe pour les cylindres à moyenne et à basse pression.

L'admission au cylindre à haute pression est caractérisée par l'emploi de deux tiroirs cylindriques concentriques, du type Rieder, soumis à l'action directe d'un régulateur à boules et à ressort.

La maison Mertz exposait une autre machine non en charge rappelant celle de la maison Sulzer, avec cette différence qu'elle n'avait pas de tiroir rotatif; entre les deux lignes de cylindres est un tiroir d'admission portant à l'intérieur un tiroir concentrique Rieder.

L'échappement de la vapeur de chaque cylindre à haute pression, et son admission dans le cylindre à basse pression correspondante, sont commandés par un tiroir à pistons équilibré. Celui-ci détermine également l'échappement de la vapeur du cylindre à basse pression vers le condenseur. Les tiroirs de distribution à pistons sont placés extérieurement aux lignes de cylindres en tandem. Tous les tiroirs de distribution sont actionnés par l'arbre à manivelles au moyen d'excentriques.

Dans cette machine, la vapeur agit successivement au-dessus et au-dessous de chaque piston; elle subit donc une quadruple expansion; mais il n'y a à proprement parler que deux détentes actives au-dessus de chaque piston; les deux détentes sous ces pistons permettent d'équilibrer complètement les pistons pendant leur montée, la vapeur agit alors, en effet, sur leurs deux faces, à la même pression.

Enfin, la maison Mertz exposait une machine à simple effet compound à deux cylindres superposés *(fig. 8, Pl. 3)*.

Dans cette machine, le mouvement du piston est transmis à l'arbre, non par bielle et manivelle, mais par un couple de bielles articulées qui équilibrent les masses réciproques.

Fabrique d'Augsbourg et de Nuremberg. — Machine à triple expansion avec trois cylindres à la même hauteur; la distribution au cylindre à haute pression se fait par tiroir cylindrique Rieder équilibré, tandis que les cylindres à moyenne et basse pression ont une distribution par tiroir plan. Le nombre de tours est de 142; la vitesse du pistôn 2,60 *m* seulement.

Machine Delaunay-Belleville *(fig. 1 et 2, Pl. 4)*. — Cette machine était la plus puissante de toutes les machines à tiroirs cylindriques précédemment inscrites. Elle atteignait 1 250 *ch* à la pression de marche à l'Exposition de 10 *kg*, mais elle était établie pour marcher à 13,5 *kg* et faire alors 1 750 *ch*.

Cette machine constituait un des groupes électrogènes de l'Exposition. Elle appartient à un type de moteur récemment adopté par la maison Delaunay-Belleville et caractérisé principalement par un système de graissage continu sous pression de toutes les articulations.

Ce mode de graissage a rendu pratique pour les grandes vitesses l'emploi des machines à double effet.

Cette machine à triple expansion comprend un cylindre de haute pression, un cylindre de moyenne pression et deux à basse pression. Elle a deux lignes de cylindres. Chaque ligne comporte en bas un cylindre de basse pression et, au-dessus, d'un côté le cylindre à haute pression et de l'autre le cylindre de moyenne pression.

Cette machine n'est munie d'aucune enveloppe de vapeur. Elle ne possède pas de détente au petit cylindre.

Le régulateur agit sur une lanterne équilibrée qui fait varier la pression d'admission au petit cylindre; la construction en est ainsi très simple.

La maison Delaunay-Belleville a construit des machines analogues à double et quadruple expansion à deux lignes de cylindres, et j'ai eu l'occasion de faire des essais de consommation très complets sur ces diverses machines; le compte rendu de ces essais a été publié dans le 22[e] Congrès des Ingénieurs en chef des Associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur.

Nos essais se résument par les chiffres suivants :

	MACHINE à double expansion		MACHINE à triple expansion		MACHINE à quadruple expansion	
	Marche à condensation	Marche à échappement libre	Marche à condensation	Marche à échappement libre	Marche à condensation	Marche à échappement libre
Pression à l'arrivée au petit cylindre. . . . . . . *kg*	7,7	9,7	13,2	13,2	15,7	15,7
Nombre de tours	366	363	360	360	360	360
Travail effectif. . . . . *ch*	80,26	79,60	299,76	228,56	113,86	84,20
Consommation par cheval-heure effectif. . . . . *kg*	9,082	10,766	7,15	8,86	7,02	9,08

Dans ma note, je me résume ainsi :

« Les conditions de fonctionnement des diverses machines avaient été choisies de façon que les pressions d'admission au petit cylindre aillent en augmentant avec le nombre d'expansions. Ces pressions étaient réglées au commencement des essais et résultaient d'expériences préalables faites par le constructeur, qui s'était attaché à ce que les travaux donnés par chacun des cylindres soient sensiblement égaux.

» Ceci établi, on peut voir que les consommations ont été en décroissant de la double à la quadruple expansion.

» On peut donc admettre comme loi que la dépense de vapeur par cheval effectif diminue en même que le nombre d'expansions et, par suite, la pression d'admission, augmentent.

» Quant à la consommation de ma machine à quadruple expansion de 120 *ch*, qui est la plus économique, elle n'a été que de 7,02 *kg* à condensation et avec une pression d'admission au petit cylindre de 13 *kg*, pression que l'on peut obtenir facilement avec les générateurs multitubulaires.

» Ce chiffre est très faible et il est intéressant de le mettre en relief, quand on constate qu'il est obtenu avec un type de machine de construction très simple, sans aucune enveloppe de vapeur et dans laquelle il semble que les constructeurs ne se soient pas préoccupés de réduire les surfaces nuisibles de condensation à l'admission et le volume des espaces morts ».

Il est probable qu'avec la machine exposée en 1900 la consom-

mation aurait été encore plus faible en raison de sa grande puissance.

Comme construction, les machines Delaunay-Belleville présentent une particularité fort intéressante : toutes les pièces en mouvement, bielles, manivelles, tiges d'excentriques, arbres moteurs, etc., sont creuses, leur masse est ainsi réduite et l'action des forces d'inertie diminuée, ce qui est très important pour les machines à grande vitesse.

Dans les diverses machines à grande vitesse, le graissage des pièces en mouvement doit être étudié très attentivement.

Il est effectué, en général, par une pompe de circulation mue par la machine elle-même.

On a essayé de diminuer ces frottements en faisant barboter les pièces en mouvement dans un bain d'huile et en n'employant que des machines à simple effet. Dans ces machines, on pouvait maintenir invariable le sens des efforts exercés sur les bielles en annulant, par des dispositifs convenables, l'inertie des pièces en mouvement dans la course de retour à vide, d'où suppression des chocs sur les coussinets des arbres et des bielles et, par conséquent, de l'usure que produisent ces chocs.

Dans la machine à grande vitesse à double effet de MM. Delaunay-Belleville et Cie, l'usure des parties en contact est supprimée par le fait de la présence dans le jeu de toutes les articulations d'une mince couche d'huile sous pression. La douceur du mouvement que l'on obtient ainsi permet d'atteindre des vitesses aussi élevées qu'avec les machines à simple effet et d'obtenir un rendement mécanique meilleur.

Dans cette machine, l'adoption de conduits forés à l'intérieur des pièces en mouvement pour diminuer leur poids est utilisée pour le graissage. L'huile est refoulée sous pression dans ces conduits et elle arrive ainsi directement aux divers coussinets et articulations.

La circulation de l'huile est obtenue au moyen de deux pompes oscillantes sans clapets, à piston plein, mues par les excentriques des tiroirs de distribution. Le nombre de coups de piston pour chaque pompe est de 250 par minute.

Parmi ces machines à grande vitesse, la machine Delaunay-Belleville, à double effet, de construction simple, de grande sécurité de marche comme graissage et d'une très forte puissance constitue un des grands progrès révélés par l'Exposition.

Machine Willans et Robinson. — Cette machine était présentée à l'Exposition sous la forte puissance de 2400 *ch*. Elle est à distribution centrale et comprend trois lignes de cylindres à trois détentes.

Elle est du type Willans bien connu, mais d'une très grande puissance.

Machine Garnier a grande vitesse. — La maison Garnier et Faure-Beaulieu a exposé un groupe électrogène de 135 *ch* dont la machine horizontale marche à 160 tours.

Cette machine comporte des tiroirs ordinaires Corliss, mais sans déclics; un régulateur à ressort sur l'arbre permet de faire varier l'admission par changement de calage de l'excentrique de commande des obturateurs. Cette machine et celle à volets équilibrés de la maison Weyher et Richemond représentent la marche à grande vitesse avec des obturateurs Corliss.

La maison Garnier exposait également une machine pilon à grande vitesse, à 150 tours, mais conservant encore le déclic. Cette machine tournait à vide. Elle représente également la vitesse la plus grande obtenue avec des déclics Corliss.

La maison Buffaud et Robatel présentait une petite machine verticale à deux cylindres à simple effet disposés en escalier; les distributeurs cylindriques sont montés sur le même axe et commandés par un seul excentrique; la vitesse est de 500 tours; ce moteur est destiné au bateau sous-marin, le *Narval*.

La maison Sautter, Harlé et Cie exposait un moteur compound-pilon de 300 *ch* tournant à 275 tours, — un groupe électrogène de 4 kilowatts comportant un moteur à deux cylindres-tandem, — un autre moteur compound commandant une dynamo de 50 kilowatts.

Machine de M. Bourdon *(fig. 8 à 11, Pl. 4)*. — Cette machine, du type pilon, est à quadruple expansion. Elle est de 50 *ch* et tourne à 400 tours. Elle comporte deux lignes de cylindres contenant chacun un piston prolongé à la partie inférieure par un fourreau dont la couronne constitue le petit cylindre.

Cette machine est très simple, elle ne comporte pas de presse-étoupe; elle est peu encombrante et peu haute.

La vapeur travaille au-dessus et au-dessous des pistons des cylindres.

Le fourreau est prolongé à sa partie inférieure jusqu'à porter les segments qui frottent ainsi dans les parties non chauffées.

Cette machine est sans enveloppe.

Une ligne comporte les deux premiers cylindres ; les deux distributeurs de cette ligne sont cylindriques. Pour la deuxième ligne, la distribution est faite par des tiroirs plans munis d'un compensateur.

M. Bourdon s'est préoccupé, dans sa machine, de réduire les condensations de la vapeur qui pourraient être importantes sur le fourreau des pistons des deux cylindres ; ce fourreau est alors chauffé intérieurement par la vapeur, à cet effet, la tige du piston est prolongée à la partie supérieure et se déplace dans une sorte de cloche où arrive la vapeur.

Dans cette tige est un petit canal d'arrivée de vapeur qui se prolonge jusqu'à l'intérieur du fourreau ; la purge de la vapeur condensée se fait par un petit conduit dans le côté du piston qui débouche au point mort en face du trou de la paroi cylindrique. De plus, entre les deux lignes, est un réchauffeur tubulaire parcouru intérieurement par la vapeur vive et traversé extérieurement par la vapeur passant entre les deux lignes de cylindres, c'est-à-dire entre la deuxième et la troisième expansion.

Le régulateur agit sur un papillon ; il pourrait agir aussi sur le calage de l'excentrique.

La disposition des segments du fourreau en avant des cylindres, les tiroirs cylindriques des deux premiers cylindres, l'absence d'enveloppe, le réchauffeur tubulaire justifieraient dans cette machine l'application de la surchauffe.

Turbines à vapeur.

Comme machine à très grande vitesse, nous parlerons maintenant des turbines à vapeur.

Ces turbines ne s'étaient présentées en 1889 que sous la forme du turbo-moteur Parsons ; depuis, ces appareils se sont développés ; la turbine de Laval est apparue ; la turbine Parsons a été perfectionnée, d'autres ont été créées ; il y a là un courant à faire ressortir.

Turbine Parsons. — La première apparition de cet appareil date de l'Exposition des Inventions de Londres en 1885. Il fut présenté ensuite à l'Exposition de 1889 par ses constructeurs d'alors,

la maison Weyher et Richemond; mais cet appareil était sans condensation et sa consommation était assez élevée.

La condensation réduit en effet la consommation des deux tiers.

Un important perfectionnement a été apporté alors à l'appareil en 1891 par l'adjonction de la condensation : le condenseur et la pompe à air font partie de la turbine ; la pompe est actionnée par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un balancier.

Pour les machines de grande puissance, le condenseur est placé dans une fosse au-dessous de la turbine, tandis que les pompes à air sont toujours actionnées par la machine elle-même.

Dans cette turbine, l'écoulement de vapeur se produit entre deux récipients dont les pressions sont peu différentes, et par conséquent sous une vitesse modérée ; le travail correspondant à cette vitesse est recueilli par une turbine. Une série de turbines analogues sont étagées à la suite l'une de l'autre, chacune d'elles recevant le fluide du récipient d'amont pour le transmettre, après travail et dépression, au récipient d'aval; c'est ainsi que d'étage en étage, la pression va en décroissant progressivement.

Cet appareil, travaillant sous des charges modérées, peut recevoir des vitesses de 1 600 à 3 500 tours.

Cette vitesse permet de monter directement sur l'arbre des dynamos, pompes, ventilateurs, etc.

A l'Exposition de 1900, deux turbines-dynamos étaient exposées dans la section anglaise, l'une comportait une génératrice à courant alternatif d'une puissance de 500 kilowatts, et l'autre une dynamo à courant continu de 50 kilowatts.

Dans les turbines dynamos, la variation de puissance suivant la charge est faite à l'aide d'un régulateur magnétique prenant son courant sur la dynamo elle-même et attaquant, par un dispositif très ingénieux, une valve-papillon placée sur l'arrivée de vapeur.

Des essais entrepris sur une turbine-dynamo de 50 kilowatts aux Établissements Weyher et Richemond, à Pantin, en décembre 1899, ont donné à 70,82 kilowatts, et à une pression de 8,5 *kg*, une consommation de vapeur de 15,8 *kg* par kilowatt.

Des essais effectués à la station électrique d'Elberfeld (Allemagne) en avril 1900, par MM. Lindley, Schroter et Weber sur une turbine-dynamo de 1 000 kilowatts ont donné, pour une expérience se prolongeant pendant trente-six heures, une con-

sommation de vapeur par kilowatt de 8,60 *kg*, et par cheval électrique 6,37 *kg*, soit 5,67 *kg* par cheval effectif.

Turbine de Laval. — La turbine de Laval s'est présentée à l'Exposition sous la forme de deux groupes électrogènes de 350 *ch*. Nous ne reviendrons pas sur le fonctionnement de cet appareil déjà bien connu.

Dans une note que j'ai présentée à la Société des Ingénieurs Civils en octobre 1895, je vous ai entretenus d'une installation faite aux Magasins de la Place Clichy, à Paris, et des résultats de consommation trouvés dans cette installation et sur une turbine de l'Exposition de Bordeaux en 1895.

J'ai eu depuis l'occasion de faire un essai sur une turbine de 300 *ch*, dans un secteur électrique de Paris, analogue à celle en fonctionnement à l'Exposition. Le compte rendu de cet essai a été publié dans le 20e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur en 1896. La consommation trouvée, pour un vide de 69 *cm*, a été de 12,23 *kg* par kilowatt, et 7,82 *kg* par cheval effectif. Ces turbines de forte puissance actionnaient des dynamos à deux induits montés chacun sur l'arbre des deux engrenages ralentisseurs de la turbine.

La turbine de Laval était représentée également dans la section suédoise par un appareil de 100 *ch*.

Nous extrairons d'un procès-verbal d'essais au frein faits en Suède sur une turbine de 300 *ch* marchant avec de la vapeur surchauffée et à charges variables les chiffres suivants :

NOMBRE D'AJUTAGES couverts	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR	PRESSION DE LA VAPEUR	VIDE DANS LA BOITE de la turbine	TRAVAIL EFFECTIF	CONSOMMATION PAR CHEVAL
	degrés	*kg*		*ch*	*kg*
7	»	»	»	307,8	6,33
6	225	13,8	702	259,0	6,56
5	227	13,8	700	219,9	6,44
4	225	13,8	702	175,0	6,48
3	219	13,4	707	123,3	6,68
2	199	13,8	713	75,2	7,72
1	198	15,0	725	31,9	9,66

Turbine Séger. — La Section suédoise présentait aussi une turbine Séger.

Cette turbine est dénommée compound parce qu'elle comporte deux disques l'un contre l'autre montés sur deux arbres distincts.

Le premier disque n'a que deux arcs d'orifice, le deuxième disque porte des aubes sur toute sa circonférence et tourne à une vitesse plus faible que le premier disque admetteur.

Ceux deux disques tournent en sens inverse.

Chacun des arbres se termine par une poulie sur laquelle une courroie croisée attaque un arbre placé transversalement au-dessous de la turbine. Avec ce dispositif, l'engrenage relentisseur de la turbine de Laval n'existe plus.

La force est variable par des ajustages, comme dans la turbine de Laval.

Dans une turbine exposée, sous 8,1 *kg* de pression, la vapeur imprime à la première roue une vitesse de 16 000 tours par minute, la vitesse de la deuxième roue est réduite dans la proportion de 1,66 ; sa puissance est de 12 *ch*.

Des essais ont donné les chiffres suivants :

1° A condensation, 60,85 *ch*, à 10,85 *kg* : 10,5 *kg* par cheval effectif ;

2° Sans condensation, à 61,37 *ch* : 16,7 *kg* par cheval effectif.

Turbine Rateau de la maison Sautter, Harlé et Cie. — Trois turbines devaient être exposées. Ces turbines à vapeur devaient commander : l'une, une pompe centrifuge ; l'autre, un ventilateur, et la troisième, un alternateur triphasé. Ces appareils n'ont pu être prêts pour l'Exposition.

La caractéristique de ces turbines est la suppression des engrenages comme intermédiaires entre la turbine et l'engin qu'elle commande.

La turbine-pompe et la turbine-ventilateur sont constituées par un disque muni d'aubes taillées en plein métal, du genre Pelton modifié par M. Rateau. Ces disques tournent à 18 000 tours par minute, avec une vitesse périphérique voisine de 300 *m* par seconde. Chacune de ces machines est d'une puissance de 60 *ch* environ.

La troisième turbine à vapeur est de grande puissance ; elle doit commander un alternateur fournissant 800 kilowatts à 1 500 tours par minute ; avec de la vapeur à 15 *kg* de pression, elle peut donner 1 300 *ch*. Cette turbine est d'un système différent, imaginé par M. Rateau ; elle est composée d'une série de disques

clavetés sur le même arbre, et alimentée par des distributeurs périphériques. Chaque disque est séparé du suivant par un cloisonnement ; on évite ainsi les fuites de vapeur.

Les nombreuses chutes de la vapeur réduisent sa vitesse et, par suite, la vitesse périphérique nécessaire aux roues pour obtenir un bon rendement.

Moteur Hult. — Enfin, dans la section suédoise, le moteur rotatif Hult a été très remarqué.

Ce moteur présente cette différence avec les moteurs déjà créés jusqu'ici, que le cylindre extérieur tourne également ; le roulement du piston intérieur est substitué au glissement; les frottements sont alors plus faibles et l'étanchéité entre le piston et le cylindre est mieux assurée.

Un moteur de 15 *ch* marchant à 21,5 *ch*, à une pression de 10,2 *kg*, à 1 232 tours, a consommé 17,1 *kg* de vapeur par cheval-heure effectif sans condensation.

Comme moteur rotatif, nous citerons aussi le moteur Nègre.

Accessoires des machines.

Parmi les accessoires de machines, nous insisterons plus particulièrement sur ceux qui se rapportent à la condensation.

La maison Fouché a exposé un aéro-condenseur de son système. Cet appareil est un condenseur à surface tubulaire à circulation d'air produite par ventilateur. Il permet d'utiliser l'air chaud pour divers besoins industriels. L'appareil exposé comportait deux ventilateurs. Les faisceaux tubulaires étaient constitués par des lames ondulées.

La maison Chaligny exposait, en adjonction d'une chaudière demi-fixe compound de 20 à 28 *ch*, un condenseur muni d'un réfrigérant de son système. La condensation se fait par mélange et c'est la même eau qui sert indéfiniment après s'être refroidie dans le réfrigérant. Cet appareil est constitué par une caisse en tôle à la partie supérieure de laquelle l'eau arrive en pluie et tombe sur des fascines; un courant d'air produit par ventilateur active le refroidissement de cette eau.

Le condenseur du groupe électrogène Delaunay-Belleville était à surface, type marin.

Dans la Section américaine, était présenté un condenseur à surface Wheeler à double tubes de circulation d'eau.

Comme disposition d'ensemble, les puissantes machines à double et triple expansion, à deux lignes de cylindres, comportaient deux condenseurs.

Dans les machines à grande vitesse et, en particulier, dans les turbines, sauf la turbine Parsons, la condensation est obtenue par des appareils indépendants.

Ces appareils sont du type à jet ou du type automoteurs.

Les types à jet sont d'une application très facile ; ils sont peu encombrants. L'appareil Bohler a été employé pour la condensation des diverses machines de la classe 19 qui ne tournaient qu'à vide.

Le type à jet était adopté également pour la machine Galloways en charge.

Ces appareils à jet exigent une dépense d'eau plus importante que celle des condenseurs par mélange ordinaire.

M. Bourdon a exposé un éjecto-condenseur à eau récupérée de son système destiné à diminuer cette dépense d'eau ; cet appareil servait à la condensation de sa machine à quadruple expansion qui tournait à vide,

Les condenseurs indépendants étaient adoptés à l'Exposition, soit pour condenser la vapeur de plusieurs machines, comme cela avait été installé dans l'exposition de la maison Weyher et Richemond, soit pour des machines à grande vitesse, telles que les turbines de Laval et la machine Delaunay-Belleville.

Ces condenseurs indépendants sont parfois automoteurs c'est-à-dire conduits par un cylindre à vapeur spécial, mais alors leur consommation de vapeur peut être très grande, ainsi que je l'ai fait ressortir dans la communication que j'ai eu l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs Civils, en avril 1898, sur la consommation des machines annexes de l'industrie.

Cette consommation accessoire peut diminuer dans une forte proportion l'économie qu'on doit obtenir avec la condensation.

C'est avec raison que le condenseur automoteur de l'exposition Weyher et Richemond était du type Corliss économique construit par cette Maison, et que dans la machine Cail le condenseur indépendant était actionné par une distribution à tiroir Corliss-Reynolds, comme celle de la machine elle-même.

Il est préférable que ces condenseurs indépendants soient actionnés par courroie comme l'était la pompe de circulation de l'éjecto-condenseur de M. Bourdon, ou par câble comme l'était celui de la machine Sulzer à grande vitesse en charge.

A défaut de courroie, ces condenseurs peuvent être attaqués par des dynamos réceptrices comme l'étaient la pompe à air et la pompe de circulation du condenseur à surface de la machine Delaunay-Belleville.

Au point de vue de la dépense supplémentaire de la condensation, l'attaque du condenseur dans la turbine Parsons sur le moteur lui-même est une solution très heureuse.

Dans les groupes électrogènes, les turbines de Laval, la machines Willans possédaient des condenseurs automoteurs à vapeur.

RÉSUMÉ

La production dans les chaudières, et l'emploi dans les machines de la vapeur à haute pression, à 10 ou 12 *kg*, a été une des caractéristiques du fonctionnement des appareils à vapeur à l'Exposition de 1900.

Les chaudières répondant à cette donnée sont soit du type à grand corps, soit du type multitubulaire.

La construction des chaudières du premier type pour les hautes pressions présente de grandes difficultés, et les chaudières multibulaires répondent certainement mieux à ces besoins nouveaux.

Ces chaudières sont d'origine française, et c'est ici le moment de rendre un juste hommage aux travaux persévérants de la Maison Belleville ; ses travaux remontent à plus de cinquante ans et ils ont contribué, pour une large part, au courant d'études qui s'est fait plus particulièrement en France, sur les chaudières multitubulaires.

Du côté des machines, l'élévation de pression a permis d'employer la double et la triple expansion pour réduire la consommation des machines monocylindriques.

Ce mouvement qui paraît partir de l'étranger est d'ailleurs suivi en France, et il serait à souhaiter que les machines monocylindriques françaises, dont les cylindres si bien étudiés ont permis d'obtenir des consommations déjà très faibles, s'engageassent dans cette voie des expansions multiples à pression élevée. Les consommations obtenues seraient certainement plus faibles encore que celles que j'ai rappelées au cours de ce travail.

Reste la question de la surchauffe qui est très en faveur à

l'étranger et qui, bien appliquée, permet de réduire encore la consommation.

Toutefois, la question est très complexe; elle est intimement liée au choix des distributeurs, au mode de graissage, à la conception même des machines dont les parois de cylindre ne doivent pas être trop chaudes pour éviter les grippements des pistons quand la surchauffe est très élevée. C'est ainsi que là où est la surchauffe, l'enveloppe de vapeur ne peut plus être.

Avec l'enveloppe, on cherche à maintenir les parois chaudes, afin d'éviter les condensations intérieures, et, par suite, l'augmentation de consommation; avec la surchauffe, au contraire, les parois ne doivent pas être trop chaudes pour éviter les grippements.

Les soupapes employées comme distributeurs, tout au moins au cylindre admetteur à haute pression, conviennent pour la marche à vapeur surchauffée; leur mouvement ne comporte pas de frottement comme celui des tiroirs Corliss, et les préoccupations de graissage se trouvent écartées.

Peut-être les machines monocylindres françaises à très faible consommation, transformées en machines à expansion avec une légère surchauffe que pourraient supporter les tiroirs Corliss, permettaient-elles d'obtenir des consommations aussi faibles que celle que j'ai citées pour les machines étrangères à expansion et à surchauffe élevée.

Comme organes de distribution, les soupapes sont presque exclusivement employées à l'étranger, pour répondre à la haute pression et surtout à la surchauffe, les tiroirs Corliss le sont en France; toutefois, en Autriche et en Allemagne on trouve des types intermédiaires avec soupapes au cylindre à haute pression et tiroirs Corliss aux cylindres de détente.

Associations des propriétaires d'appareils à vapeur.

Pour terminer cette étude, je vous entretiendrai de la participation des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur à l'Exposition de 1900.

Les Associations françaises ont fait comme en 1889, une Exposition collective comportant des défauts et des avaries rencontrés au cours des visites intérieures que leur personnel effectuent aux appareils à vapeur : bosses, pailles, criques, corrosions inté-

rieures et extérieures, fentes dans les rivures, dans les parties coudées, déchirures et fissures de tubes à eau et à fumées, etc.

Parmi les défauts, ceux relevés dans la construction même des chaudières venaient justifier l'intervention des Associations pour la réception des générateurs de vapeur.

Les défauts des machines étaient consignés plus particulièrement dans un important album de diagrammes relevés sur des machines défectueuses.

Déjà aux Expositions de 1878 et 1889, les Associations avaient exposé collectivement, mais depuis, leur collection s'est enrichie et c'est un véritable musée qu'elles présentaient.

A ces défauts étaient joints des graphiques donnant pour l'ensemble de la France :

1° Le nombre d'établissements des associés et le nombre des chaudières inscrites;

2° Le nombre de visites intérieures et extérieures aux chaudières;

3° Le nombre des relevés de diagrammes et d'essais de consommation de machines;

4° Le nombre de chaudières reçues, de tubes et de tôles réceptionnés suivant les Cahiers des charges des Associations.

Enfin, l'exposition comportait des photographies et gravures représentant des explosions et des avaries d'appareils à vapeur;

La collection des comptes rendus des réunions tenues chaque année par les Ingénieurs en chef des Associations;

Les Bulletins annuels et les travaux divers publiés par chacune des Associations.

Les Associations italiennes ont également participé à l'Exposition en montrant divers graphiques sur leur accroissement et diverses publications.

L'Association de Milan exposait plus particulièrement des avaries de récipients.

Enfin, l'Association Autrichienne, dont le rayon s'étend sur toute l'Autriche, a également participé à l'Exposition.

Les Associations françaises avaient pris, en outre, l'initiative, sous la présidence de M. Linder, Inspecteur général des Mines, ancien Président de la Commission Centrale des Machines à vapeur, d'un Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur.

Ce Congrès continuait, d'ailleurs, ceux que les Associations tiennent annuellement et dont les comptes rendus sont adressés à la Société des Ingénieurs Civils.

A ce Congrès, les rapports suivants ont été présentés :

1° Régimes divers de surveillance des appareils à vapeur. Rapporteur : M. OLRY, Ingénieur en chef des Mines, Délégué du Conseil d'administration de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France;

2° Du rôle des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur en matière de surveillance préventive ou d'assurance dans les divers pays. Rapporteur : M. WALTHER-MEUNIER, Ingénieur en chef de l'Association Alsacienne de Propriétaires d'appareils à vapeur;

3° Du concours des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur pour les épreuves hydrauliques des appareils à vapeur. Rapporteur : M. COMPÈRE, Ingénieur-Directeur de l'Association parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur;

4° Épreuves des chaudières exportées. Rapporteur : M. SAUVAGE, Ingénieur en chef des Mines; Ingénieur en chef adjoint au Matériel et à la Traction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest;

5° Étude sur les accidents de récipients de vapeur. Rapporteur : M. HÉBERT, Ingénieur adjoint à l'Association parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur;

6° Dispositions à adopter pour éviter les avaries des tuyautages des appareils à vapeur modernes. Rapporteur : M. MORITZ, ancien Ingénieur de la marine;

7° Sécurité et hygiène des chaufferies. Rapporteur : M. HERSCHER, Ingénieur des Mines;

8° Garanties à exiger des mécaniciens et chauffeurs. Rapporteur : M. BONNIN, Ingénieur, Professeur honoraire à l'École Polytechnique de Montréal (Canada), Commissaire spécial du Canada à l'Exposition de 1900;

9° Chaudières à petits éléments. Rapporteur : M. COMPÈRE, Ingénieur-Directeur de l'Association parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur;

10° Épuration des eaux d'alimentation des chaudières à vapeur. Rapporteur : M. KRAUSS, Ingénieur de l'Association autrichienne de Propriétaires d'appareils à vapeur;

11° Corrosions intérieures des chaudieres. Rapporteur : M. Bonnet, Ingénieur en chef de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France ;

12° Fabrication des chaudières. Rapporteur : M. Compère, Ingénieur-Directeur de l'Association parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur.

Les vœux adoptés par le Congrès ont été les suivants :

1° Le Congrès émet le vœu que, dans chaque État, il soit publié des statistiques, établies sur les mêmes bases, faisant connaître par année et par catégorie d'appareils à vapeur l'effectif des appareils, de leurs accidents, et des conséquences de ceux-ci ;

2° Le Congrès estime qu'il est désirable, dans les pays où existent des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur que les pouvoirs publics combinent l'action desdites associations avec celle de l'État, en réduisant cette dernière à ce qui est strictement nécessaire ;

3° Le Congrès estime que les épreuves hydrauliques des appareils à vapeur ayant déjà servi ne donnent pas à elles seules des garanties suffisantes de sécurité si elles ne sont pas accompagnées d'une visite complète ;

4° Il est désirable, lorsqu'une chaudière dont l'épreuve hydraulique se fait chez le constructeur, doit être transportée neuve du pays constructeur dans un autre pays que l'épreuve officielle faite dans le pays d'origine soit considérée comme équivalente de l'épreuve du pays d'emploi, pourvu que toutes les conditions prescrites par les règlements de ce dernier pays aient été remplies lors de l'épreuve et aient fait l'objet d'un constat régulier ;

5° L'attention des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur est attirée sur l'utilité qu'il y aurait pour la sécurité publique à étendre leur surveillance sur l'emploi et la construction des récipients de vapeur ;

6° L'attention des industriels faisant usage d'appareils à vapeur est attirée, tant dans leur intérêt au point de vue de leur responsabilité que dans celui de la sécurité des personnes chargées de la conduite des chaudières, sur la nécessité d'installer des chaufferies spacieuses telles que le séjour pour le personnel y soit hygiénique en tout temps et qu'en cas d'explosion en quelque point qu'un chauffeur se trouve occupé, il ait à sa disposi-

tion pour s'échapper des issues directes toujours libres et aisément praticables;

7° Il est désirable, dans la construction et l'installation des chaudières à tubes d'eau, non seulement que toutes les précautions utiles soient prises pour rendre inoffensive la rupture éventuelle d'un tube vaporisateur, mais encore que tous les tampons de trous de poing et autres soient exclusivement à fermeture autoclave.

Quelques questions, ne comportaient pas de vœu, telle que celle que j'ai présentée sur la fabrication des chaudières.

Dans cette étude, je rendais compte plus particulièrement d'essais que j'avais effectués sur des appareils à vapeur, pour pouvoir juger de l'efficacité et de la nécessité du matage, question soulevée dans ces dernières années à la suite d'explosions diverses.

Ces essais m'ont amené aux conclusions suivantes :

« Il est permis de déduire de ces expériences qu'un rivetage fait avec soin pourrait presque assurer par lui-même l'étanchéité des assemblages, sauf en ce qui concerne les croisements de tôles, où l'étirage des pinces ne peut, en pratique, être suffisamment précis pour donner une superposition parfaite des parties en contact.

En conséquence, le matage des chanfreins et des rivures ne doit être considéré, en construction soignée, que comme un correctif du rivetage, et non comme son complément indispensable.

Le matage doit donc être fait très légèrement, sans bourrage de métal, et, pour ainsi dire, uniquement pour parer les chanfreins et donner à la construction un bel aspect.

En matière de réparation, il ne faut avoir recours au matage qu'avec prudence.

En présence de fuites persistantes, avant de mater, il est utile de vérifier la rivure en enlevant un ou plusieurs rivets au droit de la fuite. »

Les Administrations françaises des Travaux publics, de la Guerre, de la Marine, les Gouvernements étrangers de la Belgique, de la Hollande, de l'Autriche, de la Hongrie, de la Russie, du Japon, ont pris une part importante à ce Congrès, qui comptait dans son Comité de Patronage M. Canet, ancien Président de la Société.

CHRONIQUE

N° 253.

SOMMAIRE. — Le paquebot allemand *Deutschland*. — Transport et manutention de l'anthracite aux États-Unis. — Installation de la fabrication du gaz à l'eau à l'usine municipale de Genève. — Transport par chemin de fer de la fonte liquide. — Production du fer par le procédé Stassano. — Lord Armstrong.

Le paquebot allemand *Deutschland*. — A la suite du succès si remarqué du *Kaiser Wilhelm der Grosse*, de la Compagnie du Lloyd de l'Allemagne du Nord, la Compagnie rivale Hambourgeoise-Américaine donna au constructeur de ce navire, la Société *Vulcan*, de Stettin, la commande d'un paquebot devant fournir des résultats supérieurs à ceux du précédent, surtout au point de vue de la vitesse et cela à quel prix que ce fut.

Le nouveau bateau, le *Deutschland*, est entré en service dans le milieu de l'année dernière; il a entièrement rempli le programme imposé; c'est le paquebot le plus rapide qui soit à flot.

La coque en acier a 208,50 *m* de longueur totale, 20,42 *m* de largeur et 13,40 *m* de creux. Le tonnage brut est 16 500 *tx* et le déplacement au tirant d'eau de 8,85 *m*, de 23 200 *tx*.

Il y a cinq ponts, la coque est divisée par des cloisons étanches en 24 compartiments, dont 17 vont jusqu'au pont supérieur, et il y a de plus un double fond dont une partie peut être employée comme water-ballast. Les arbres des hélices sont renfermés dans des renflements de la coque jusqu'aux propulseurs.

On appréciera mieux les dimensions du *Deutschland*, en les comparant avec celles des paquebots rapides qui l'ont précédé, tels que : le *Kaiser Wilhelm der Grosse* (bulletin de juillet 1897, page 101), le *Saint-Paul* et le *Saint-Louis* (bulletin de novembre 1894, page 725), le *Campania* et le *Lucania* (bulletin de décembre 1893, page 587) et enfin, les paquebots *Lorraine* et *Savoie*, de la Compagnie Générale Transatlantique, dont le premier est entré récemment en service.

Le tableau ci-après (page 189) donne les dimensions principales de ces navires, nous n'y avons pas fait figurer l'*Oceanic* dont la vitesse est inférieure à 21 nœuds :

L'appareil moteur du *Deutschland* se compose de deux machines à quadruple expansion dont chacune est placée dans un compartiment séparé du voisin par une cloison étanche. Chaque machines a quatre manivelles et six cylindres. Ces cylindres sont disposés comme suit :

$$\text{Avant} — 1^{er}\ \text{I} — \frac{\text{HP}}{\text{BP}} — \frac{\text{HP}}{\text{BP}} — 2^{me}\ \text{I} — \text{Arrière}$$

On voit que les cylindres à haute pression sont placés en tandem au-dessus des cylindres à basse pression.

Les deux cylindres au centre sont relativement écartés l'un de l'autre, tandis que les cylindres avant et arrière sont plus rapprochés de ceux du milieu, qui ont la disposition tandem, cela, dans le but de donner de la

stabilité à la machine et de réduire les vibrations. Le calage des manivelles, les unes par rapport aux autres, est fait d'après le système Schlick déjà employé sur le *Kaiser Wilhelm der Grosse*.

	DEUTSCHLAND	KAISER WILHELM der GROSSE	CAMPANIA et LUCANIA	SAINT-PAUL et SAINT-LOUIS	LORRAINE et SAVOIE
Compagnies.	Hamb. Amer.	Lloyd de l'All. d. Nord	Cunard.	Américaine.	Cie Gle Transatl.
Constructeurs	Vulcan.	Vulcan.	Fairfield	Cramp.	La Compagnie.
Année de la mise en service.	1900	1898	1893	1895	1900
Longueur totale . . .	208,50	197,70	189,70	170,00	177,50
— entre perpendiculaires.	202	190,50	183,00	163,20	170,
Largeur.	20,42	20,10	19,90	18,91	18,20
Creux	13,40	13,10	13,60	12,80	12,
Tirant d'eau maximum	8,85	8,20	7,60	7,93	7,80
Déplacement	23 200	20 500	18 000	16 000	15 400
Tonnage brut	16 500	14 300	12 500	11 700	11 900
Puissance.	36 000	29 000	30 000	18 000	22 000
Pression aux chaudières	15 *kg*	12,5	11,7	14	12,
Vitesse moyenne maxima en service	23,36	22,79	22,01	21,08	21,90(*)

(*) Vitesse réalisée aux essais.

Les cylindres à haute pression et intermédiaires ont des tiroirs cylindriques et les cylindres à basse pression des tiroirs plans à double orifice. Ces tiroirs sont actionnés par des coulisses de Stephenson. Les cylindres à haute et les cylindres à basse pression ont chacun un tiroir et les cylindres intermédiaires, chacun deux. Les cylindres ne sont pas reliés entre eux, mais leurs bâtis le sont par de fortes entretoises.

La condensation se fait par surface, avec pompes à air indépendantes ; la surface utile de chaque condenseur est de 2000 m^2. Les hélices ont 4 ailes, leur diamètre est de 6,80 *m* et leur pas de 10,80 *m*. Les deux hélices ne se croisent pas, il reste entre les circonférences qui les limitent un intervalle de 0,60 *m*. Les arbres des machines, en acier au nickel, ont 0,635 *m* de diamètre, ils sont évidés par un trou de 0,255 *m*. Les boutons des manivelles ont 0,640 *m* de diamètre et 0,760 de longueur.

Voici quelques chiffres qui donnent une idée des dimensions de ces machines. Les bielles motrices ont 3,70 *m* de longueur, soit 4 fois la manivelle, elles pèsent chacune 10 *t*. Chaque piston à basse pression pèse 7 *t*, la tige de piston 3. L'arbre coudé, formé de quatre pièces pèse 100 *t*, sa longueur est de 18,08 *m*. La plaque de fondation en acier coulé, a 18 *m* de longueur. Chaque cylindre est supporté par deux paires de bâtis creux et allégés par des évidements. La distance verticale entre le dessous de la plaque de fondation et le plateau supérieur des cylindres HP est de 12,40 *m*.

Le renversement de la marche s'opère par un cylindre à vapeur de 0,69 *m* de diamètre et 0,60 *m* de course, avec cylindre-frein. La valve d'admission est actionnée par une petite machine à vapeur sur laquelle agit un régulateur de sûreté d'Aspinall.

La vapeur est produite à une pression de 15 *kg*, par 16 chaudières cylindriques tubulaires à retour de flamme, dont 12 à double façade et 4 à simple façade. Chaque façade correspondant à 4 foyers, il y a en tout 112 foyers ; chacun de ceux-ci a 1,10 *m* de diamètre. Les enveloppes des chaudières ont 5,05 *m* de diamètre, leur longueur est de 6,20 *m* pour les chaudières doubles et 3,40 *m* pour les simples. La surface totale des grilles est de 203,3 m^2 et les surfaces totales de chauffe, de 7 940 m^2. Ces générateurs marchent à tirage forcé, d'après le système Howden. L'air soufflé est chauffé de la température ordinaire à 130°, ce qui abaisse la température des gaz sortant par les cheminées de 110° environ; il y a 4 cheminées de 4 *m* de diamètre et 34,50 *m* de hauteur. Les ventilateurs pour le tirage sont au nombre de seize, leur diamètre est de 2,13 *m* : ils sont actionnés par huit machines compound à cylindres de 0,178 et 0,305 *m* de diamètre et 0,178 de course.

Il y a à bord 66 machines auxiliaires, avec 112 cylindres, ce qui, avec les 12 des machines principales, fait un total de 124 cylindres. Parmi ces machines auxiliaires, figurent 12 pompes à vapeur d'épuisement d'un débit collectif de 4 000 m^3 à l'heure.

Le tableau ci-joint donne les éléments principaux de ces machines, comparativement à ceux du *Kaiser Wilhelm der Grosse*.

SYSTÈMES DE MACHINES		DEUTSCHLAND Quadruple expansion.	KAISER WILHELM DER GROSSE Triple expansion.
Nombre de cylindres de chaque machine.		2 HP, 2 int. 2 BP	1 HP, 1 int. 2 BP
Diamètre. .	Des cylindres HP. . . .	2 de 0,930 *m*	1 de 1,32 *m*
	1er intermédiaire	1 de 1,870	1 de 2,28
	2e intermédiaire	1 de 2,640	»
	— BP. . .	2 de 2.700	2 de 2,45
Course des pistons.		1,85 *m*	1,75
Volumes relatifs successifs		1, 2, 4, 8.4	1, 3, 6.9
Pression aux chaudières		15 *atm*	12,5 *atm*
Surface de condensation		4 000 m^2	3 304 m^2
Nombre de tours par minute		77 à 80	75 à 78
Nombre de chaudières		12 doubles, 4 simples	12 doubles, 2 simples
— de foyers		112	104
Surface de grille totale.		203,7 m^2	243,1
— de chauffe totale.		7 950	7,840
Diamètre des hélices.		6,80 *m*	6,80 *m*
Pas des hélices.		10,80	10,00
Travail indiqué sur les pistons		36.500 *ch*.	29 000 *ch*
Tirage		forcé.	naturel.

On voit que la vitesse des pistons est en moyenne de 4,73 à 4,93 *m* par seconde. On conçoit qu'avec un attirail de 20 *t* animé de ces vitesses avec renversement du sens de la marche de 77 à 80 fois par minute, la question des forces d'inertie joue un rôle considérable.

On remarquera que le rapport des volumes des cylindres est modéré, 8,40 seulement, alors qu'il était de 10 pour la machine également à quadruple expansion du paquebot *Kaiser Friedrich*, construit par Schichau et qui d'ailleurs n'a pas réussi (1). Avec ce rapport et l'introduction normale à 0,73 de la course pour les cylindres HP (cette introduction étant de 0,70 pour les cylindres intermédiaires et de 0,62 pour les cylindres BP). l'expansion totale est seulement de 11,5 volumes, ce qui parait modéré pour une pression de 15 *kg* aux chaudières et cependant la machine a une marche très économique.

Les installations électriques comportent 3 dynamos de 700 ampères et 2 de 400 accouplées directement à des moteurs spéciaux. L'éclairage emploie 2 590 lampes à incandescence dont 1 000 de 25 bougies et le reste de 16. Une partie du courant sert au chauffage de 8 poêles électriques, de 2 chaudières à chauffer l'eau et de 2 chaudières à cuire les œufs.

Le *Deutschland* porte deux mâts en acier, il est muni de 28 embarcations pouvant recevoir 2 000 personnes. Le personnel se compose de 543 personnes ainsi réparties :

État-major	17
Personnel de la machine	254
— de service	218
Équipage	54
Total. . . .	543

Les installations intérieures sont faites pour 450 passagers de première classe, 300 de deuxième et 300 de troisième. Les cales peuvent contenir 600 *t* de marchandises et les soutes 4 500 *t* de combustible. La dépense effective étant de 572 *t* par 24 heures, ce qui pour 36 000 *ch* donne 0 662 *kg* par cheval indiqué heure y compris la consommation des machines auxiliaires, on voit que le navire peut porter du combustible pour 8 jours de marche à toute puissance.

Le *Deutschland* a, comme nous l'avons dit, brillamment réussi. Il a fait notamment une traversée d'Amérique en Europe en mettant seulement 5 jours, 7 heures et 38 minutes, de Sandy Hook au Cap Lizard, ce qui donne pour tout le trajet une vitesse moyenne de 23,36 nœuds, supérieure de 0,57 nœud à la meilleure vitesse moyenne du *Kaiser Wilhelm der Grosse*. C'est dans ce voyage qu'on put constater la différence de vitesse des deux navires dans les conditions suivantes :

Le *Deutschland*, parti de New-York une heure après le *Kaiser Wilhelm*, le rejoignit au bout de 22 heures et demie. Ce résultat, représentant une supériorité de vitesse de 4,4 0/0, n'a rien que de très naturel ; il n'était douteux pour personne qu'un paquebot déplaçant 23 200 *tx* et actionné

(1) Voir *Informations techniques* de décembre 1899, p. 868.

par une puissance de 36 000 à 37 000 *ch*, soit 1,87 *ch* par tonneau, ne dût avoir une supériorité de vitesse, à formes égales, sur un navire déplaçant 20 000 *tx* avec 28 000 à 30 000 *ch*, soit 1,45 *ch* par tonneau. Il est à peine besoin de dire que cette rencontre purement accidentelle n'a jamais eu le caractère d'un match, comme quelques journaux l'ont prétendu ; une lutte de vitesse dans ces conditions n'aurait eu aucune raison d'être et d'ailleurs ce genre de sport n'est pas encore admis dans les compagnies de navigation.

Cette vitesse étant acquise au moyen d'une dépense de combustible de plus de 3 000 *t* de charbon par voyage et d'un coût d'établissement nécessairement très élevé, on s'est demandé si le résultat commercial pouvait être satisfaisant, autrement dit si des navires semblables pouvaient payer autrement qu'avec d'énormes subventions.

On est généralement porté à répondre négativement et à admettre que ces paquebots constituent simplement des réclames coûteuses pour les Compagnies qui les font construire. C'est notamment ce que disent celles qui n'en possèdent pas.

Le *Scientific American* est d'un avis tout à fait opposé et le justifie par les considérations suivantes. Certes les dépenses d'un paquebot tel que le *Deutschland* sont énormes. Pour sa traversée de 6 jours entre Hambourg et New-York on brûle 3 400 *t* qui, au prix moyen de 22,50 *f* la tonne, font 76 500 *f*. Les charges fixes, intérêts et amortissement sur un capital d'établissement de 16,5 millions de francs représentent 33 500 *f*. On doit compter sur un taux d'amortissement de 10 0/0, non en raison de la durée du navire lui-même, mais parce que ces paquebots rapides peuvent être rapidement dépassés par de nouveaux et perdre ainsi la popularité qui leur assure de grosses recettes. Tout au moins pourrait-on compter 10 0/0 jusqu'à amortissement de la moitié de la valeur et ensuite 5 0/0. On peut estimer le total des frais de toute nature, intérêt et amortissement, charbon, équipage, provisions, droits, assurance, etc., à 250 000 *f* par voyage.

Que trouvons-nous en face de ces dépenses ? La vogue dont jouissent les navires rapides permet aux Compagnies propriétaires d'élever les prix de passage et elles en profitent. Le dernier passage vers l'Ouest du *Deutschland* a produit une recette de 715 000 *f*, sans compter le transport des malles ; avec la traversée de retour qui a produit moins, on peut compter un million en nombre rond pour le passage double ; et en déduisant 500 000 *f* de dépenses, il reste 500 000 *f* pour le profit réalisé par le paquebot dans un laps de trois semaines.

Il ne faudrait évidemment pas compter sur des bénéfices semblables pour toute l'année. On peut les admettre pendant six mois ; pendant trois autres mois le navire fera ses frais et pendant les trois derniers, il restera au port pour ses réparations et sa préparation à la saison suivante ; pendant ce temps, les charges fixes continueront à courir. Il faut ajouter que le bénéfice de la réclame crée par l'existence de ces paquebots rapides est réel et assure une augmentation générale des recettes de la Compagnie.

Le journal américain cite ce fait curieux que, pendant une semaine, au départ de New-York, l'*American Line* a embarqué 90 passagers de

1re classe, la *White Star Line* 60, le *Furst Bismark* de la ligne Hambourgeoise-Américaine 55 et le *Deutschland*, de la même ligne, 281. Du reste il paraît que le *Kaiser Wilhelm der Grosse* avait déjà donné des résultats financiers satiefaisants.

Le *Deutschland* a encore un autre mérite que sa vitesse supérieure, il est d'une stabilité très grande à la mer. Voici, d'après le journal américain déjà cité, le résumé d'une de ses traversées les plus mouvementées.

Parti de Cherbourg le 17 septembre dernier à 6 h. 40 de l'après-midi, le paquebot ne tarda pas à rencontrer un fort vent avec mer de travers malgré lesquels il réalisa une vitesse de 22,1 nœuds pendant 17 heures : pendant les 24 heures suivantes, il fit 440 milles avec une mer très grosse et du temps perdu pour chercher un homme tombé à la mer. Le 19, le vent augmenta encore et tourna en tempête ; pendant 6 heures, il souffla avec une force de 10 et 11, le maximum de l'échelle étant de 12, la vitesse se maintint à 20 nœuds. Mais la mer devenant plus grosse et le gaillard d'avant était couvert d'eau qui s'écoulait en cascades de chaque côté, on jugea prudent de réduire la vitesse à 13 1/2 nœuds pendant 4 heures. Dans ces conditions le roulis était presque nul, et pendant ce coup de vent où le *Saint-Paul* dut virer de bord et fuir devant le temps pendant 5 heures, il ne fut pas nécessaire sur le *Deutschland* de mettre les cordes dites *violons* sur les tables pour le déjeuner. Le paquebot fit ce jour-là une moyenne de 20 milles à l'heure ; le lendemain le parcours fut de 573 milles et les deux jours suivants de 600.

Il serait absurde de prétendre qu'on peut transmettre sans vibrations une puissance de près de 37 000 *ch* à une coque de plus de 200 *m* de longueur, mais il ne paraît pas que ces vibrations aient une intensité gênante.

Le *Deutschland* ayant prouvé qu'on peut traverser régulièrement l'Atlantique en un laps de temps de très peu supérieur à 5 jours, le *Scientific American* s'est amusé à rechercher quelles seraient les conditions d'établissement d'un paquebot pouvant effectuer la même traversée en 4 jours, c'est-à-dire ayant une vitesse de 30 nœuds.

Si on conservait la coque du *Deutschland* telle qu'elle est, il faudrait substituer à l'appareil moteur actuel un autre, capable de développer 83 000 *ch* indiqués soit 2 1/4 fois la puissance actuelle ; ce n'est pas possible ; il faudrait donc une coque beaucoup plus grande. On serait conduit à un bateau de 285 *m* de longueur, 26,60 *m* de largeur et 9,15 *m* de tirant d'eau que propulserait à la vitesse, indiquée plus haut, de 30 nœuds, un appareil moteur de 110 000 *ch*. Même avec trois hélices, ce serait encore une puissance de 37 000 *ch* par hélice, problème de nature à faire hésiter les constructeurs les plus hardis. La vapeur serait fournie par 44 chaudières doubles avec 352 foyers brûlant 1 700 *t* de charbon par 24 heures ou 6 800 pour 4 jours. Mais pour aller de New-York à Hambourg, il faudrait compter 8 500 *t* coûtant environ 200 000 *f* et le navire devrait, par précaution, pouvoir loger 9 000 à 10 000 *t* de combustible.

Il est infiniment probable qu'un tel navire ne sera jamais construit. Si l'Atlantique doit être traversé en 4 jours, ce sera par des navires

établis d'après d'autres errements que ceux que nous suivons actuellement et avec des machines et chaudières très notablement modifiées pour pouvoir conserver aux coques des dimensions qui ne rendent pas aux futurs paquebots les ports existants entièrement inaccessibles.

Transport et manutention de l'anthracite aux États-Unis. — L'extraction de l'anthracite est une des branches les plus importantes de l'industrie minière aux États-Unis. Son importance dépasse actuellement le chiffre de 50 millions de *t* par an. Elle est à peu près entièrement confinée dans la Pensylvanie et ce combustible s'emploie principalement pour les usages domestiques à New-York, Philadelphie, Boston et autres grandes villes des États de l'Est.

On doit constater que l'énorme développement pris par l'industrie de l'anthracite depuis quelques années est principalement dû aux facilités apportées au transport et à la manutention depuis la mine jusque chez le consommateur. Toutes les phases de ces opérations ont reçu les perfectionnements les plus modernes ; ainsi, dans les mines, l'éclairage et la traction électrique. Cette dernière s'opère par des locomotives pesant de 2 à 15 *t* et munies de 2 à 3 moteurs de 10 à 25 *ch* chacun. Les wagonnets sont en acier et rien n'est épargné pour la sécurité et la rapidité des opérations.

Une fois le charbon amené au jour, on le transporte dans des wagons en acier embouti, d'une contenance de 50 *t*, dont 20 à 25 forment un train. Ces trains sont traînés par des locomotives du modèle le plus puissant qui ait été construit jusqu'ici. Certaines pèsent près de 110 *t* sans le tender, celui-ci peut porter 27 000 *l* d'eau et 12 *t* de combustible.

La plus grande partie de l'anthracite extrait en Pensylvanie est embarqué pour New-York et Philadelphie ou Buffalo. Ces trois villes sont les principaux centres de consommation et servent en outre de centre de distribution. Une partie importante du charbon arrivant dans les deux premières est réexpédiée soit par chemin de fer, soit par eau, pour Boston et autres localités de la Nouvelle-Angleterre. Le port de Buffalo, à l'extrémité inférieure des Grands-Lacs est le point par lequel passe obligatoirement, la principale partie du charbon destiné à la consommation dans l'Ouest.

De ce port, les gros chargements sont expédiés par les lacs, à Chicago, Milwaukee et autres localités. Le transport de Buffalo par chemin de fer est également très important.

Les quantités d'anthracite qui arrivent à Boston, dépassent celles du charbon bitumineux et la presque totalité des deux combustibles vient par eau. On peut juger de cette préférence des expéditeurs pour la voie d'eau, par ce fait que, chaque année, depuis dix ans, il arrive par eau, à Boston, à peu près 2 millions de *t* d'anthracite, tandis que le chemin de fer n'en a jamais transporté plus de 32 000 *t* par an. Le transport le long des côtes se fait par des barques en bois de 800 à 1 500 *t* de port. Ces barques qui atteignent une longueur de 60 à 75 *m*, sont traînées par de puissants remorqueurs. Une des meilleures entreprises de remorquage faisant ce service, a six vapeurs de 42 *m* de longueur, portant des machines à triple expansion, leur donnant des

vitesses de 14 milles par heure. Il y a aussi un grand nombre de goélettes en bois, à quatre et cinq mâts qui font le cabotage, et dernièrement on a mis en service, une goélette à six mâts. Ces navires ont tous plus de 90 *m* de longueur; ils coûtent chacun environ 500000 *f*, ils peuvent déployer 930 m^2 de voilure et portent 4000 à 5000 *t* de charbon, avec un tirant d'eau de 7 *m*.

Les améliorations dans les moyens de chargement des navires ont été mises au niveau des autres. Comme exemple des facilités données actuellement à ces opérations, on peut citer les quais à charbon du Reading R. R., à Port-Richmond, près de Philadelphie. Cette construction qui est probablement la plus considérable du genre, a 235 *m* de longueur, 19,5 *m* de largeur et 13,50 *m* de hauteur au-dessus du niveau moyen de l'eau. De chaque côté, on a fait des dragages à une profondeur de 8 *m* au-dessous du niveau moyen de l'eau, de manière à pouvoir faire accoster au quai les plus grands navires. Le quai porte quatre voies et quatre appareils de chargement, avec six trémies chacun, de manière qu'on puisse charger à la fois quatre navires de 1500 *tx*. Les wagons, une fois déchargés, descendent par leur propre poids, du quai aux voies réservées aux wagons vides. Cette installation, d'accord avec quelques autres facilités que présente le port, permet à la Compagnie du Reading R. R , d'embarquer 21 000 *t* d'anthracite par 24 heures.

Dans le chargement et le déchargement des navires et pour la manutention du charbon dans des conditions variées, on se sert d'appareils très ingénieux. Le principe consiste dans l'emploi de ponts roulants en poutres de fer ou d'acier, se déplaçant sur des voies de manière à pouvoir être transportés facilement; chaque pont se termine par un avant-bec articulé, assez long pour amener les voies au-dessus des panneaux du navire. Les bennes qui servent à transporter le charbon, roulent sur des trolleys suspendus aux poutres dont il vient d'être question et qui vont du navire aux wagons de chemin de fer. Ces bennes ou cuillers sont munies de dispositifs qui leur permettent de se remplir et de se vider automatiquement, sans intervention de bras d'hommes. On peut décharger ainsi les trois quarts du chargement d'un navire. Pour embarquer sur navire ou en wagon du charbon en tas, on emploie également des bennes agissant automatiquement. Avec les appareils en question, un aller et retour de la benne, soit un parcours de 180 *m* peut être fait en une minute (1); on a même pu, en service régulier, réduire ce temps à 45 secondes. Le prix de revient, dans ces conditions, ne dépasse pas dans ces conditions 3 1/2 centimes par tonne anglaise.

On emploie pour la mise en tas et la manutention du charbon des appareils analogues, ainsi que des grues équilibrées. Ainsi, par exemple, une grue à vapeur peut se déplacer sur une longueur de 110 *m* entre deux tas de charbon de 18 *m* de hauteur. Le charbon arrive en wagons et est versé dans des trémies par lesquelles il remplit des bennes enlevées par la grue et vidées sur les tas. On peut disposer l'installation de manière à séparer les diverses sortes de combustible.

Dans plusieurs localités des États-Unis, on trouve des installations

(1) Un appareil de ce genre fonctionnait à l'Exposition, à Vincennes.

pour décharger le charbon des navires et l'emmagasiner à couvert. Le chemin auquel sont suspendues les bennes pouvant se déplacer transversalement au mouvement de celles-ci, de manière à desservir la totalité de l'espace couvert et aussi à pouvoir prendre toutes les positions possibles au-dessus du pont du navire, on s'arrange de manière que le charbon ne soit pas versé de plus de deux à trois pieds de hauteur. Une installation de ce genre contient généralement 250 000 *t* de combustibles et peut manutentionner 3 000 *t* par jour.

Dans quelques cas on charge les navires au moyens de trémies établies directement sur le bord de l'eau et à une certaine hauteur et on en fait couler le charbon par des conduits inclinés qui arrivent dans les panneaux. Enfin, on dispose actuellement de divers systèmes d'appareils mécaniques qui, dans l'espace d'une minute, amènent un wagon de chemin de fer, au-dessus du pont d'un navire, le font basculer et vider et le ramènent sur les voies de garage. Avec ces dispositifs, on peut charger complètement un navire sans avoir besoin de le déplacer en aucune manière. Avec le secours de quelques grues, un de ces appareils peut arriver à charger 10 000 *t* par jour. Nous avons extrait d'une manière sommaire ces renseignements d'un article illustré, paru dans le *Iron and Coal Trades Review*.

On emploie également pour la manutention des charbons des transporteurs à tabliers sans fin. L'*Engineering and Mining Journal* décrit un appareil de ce genre, établi au cap Breton au Canada et qui est le plus grand transporteur à courroie qui existe. Il est double et formé de deux transporteurs mis l'un au bout de l'autre. Le premier élève le charbon à une hauteur de 7,50 *m* et le décharge sur le second qui l'élève à 10,50 *m* plus haut et à 9 *m* au-dessus des voies du dépôt. La longueur totale des deux transporteurs est de 305 *m*. On peut ainsi charger 750 tonnes à l'heure, à un prix ne dépassant 1 1/4 centime par tonne.

Installation de la fabrication du gaz à l'eau à l'usine municipale de Genève. — Depuis que la ville de Genève a repris la succession de l'ancienne Compagnie du gaz, la production annuelle a très notablement augmenté; elle a passé de 6 308 500 m^3 en 1897 à 7 880 000 m^3 en 1899. Malgré les développements donnés aux usines, grâce à la progression signalée dans la vente du gaz à une clientèle toujours croissante, la nouvelle usine ne peut suffire seule à l'alimentation et il faut avoir recours aux fours de l'ancienne qui travaillent dans des conditions moins économiques. Il y avait donc lieu de faire subir à ces appareils des transformations coûteuses. Dans ces conditions, le Conseil administratif, dont fait partie notre éminent Collègue, M. Th. Turrettini, a jugé utile d'étudier la question de la production du gaz à l'eau carburé et a dressé un rapport que nous trouvons dans le *Bulletin technique de la Suisse Romande*.

On sait que le gaz à l'eau est un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone obtenu en faisant passer un courant de vapeur d'eau sur du coke incandescent. Ce mélange brûle à l'air avec une flamme bleue plus chaude que celle du gaz de houille, en dégageant cependant moins de chaleur que ce dernier à volume égal. Pour obtenir un gaz éclairant par

lui-même et en tous points égal ou supérieur au gaz normal, on est obligé de carburer le gaz à l'eau à l'aide d'huiles minérales. Les huiles, exposées à une grande chaleur en présence du gaz, se décomposent, se transforment en gaz permanents, tous hautement carburés, qui donnent au mélange un pouvoir éclairant supérieur à celui du gaz ordinaire avec un pouvoir calorifique égal.

Les appareils utilisés pour la mise pratique de cette méthode consistent essentiellement en une série de deux ou trois cylindres d'acier de 1,20 à 3 *m* de diamètre, suivant l'importance de l'installation et doublés intérieurement d'un revêtement réfractaire. Le premier cylindre est le générateur. Deux tubes s'ouvrent à la base, l'un amène un courant d'air, l'autre un courant de vapeur. Le coke est disposé dans ce cylindre sous une épaisseur de 1,50 à 2 *m*. Le second cylindre ou carburateur et le troisieme ou surchauffeur, lequel est souvent combiné avec le second, sont remplis par un empilement de blocs réfractaires disposés de manière à laisser entre eux des intervalles constituant des canaux au travers desquels le gaz est obligé de circuler ; un tel arrangement a pour but d'accroître dans une large mesure la surface avec laquelle le gaz vient en contact. Le pétrole est pulvérisé à la partie supérieure du carburateur. Quant au surchauffeur, il est muni à son sommet d'une valve mobile qui s'ouvre dans une cheminée.

Les opérations comprennent deux phases. La première a pour but d'amener le coke à une température assez élevée pour que la décomposition de l'eau soit possible et aussi de chauffer suffisamment les parois intérieures du carburateur et du réchauffeur. Dans la seconde, en même temps que l'on admet au-dessous du coke un courant de vapeur parfaitement sèche, on introduit à la partie supérieure du carburateur du pétrole en pluie fine très divisée. Au contact des parties chauffées, le liquide se dissocie, les produits de sa décomposition se mêlent au gaz à l'eau formé par le passage de la vapeur sur le combustible incandescent et le mélange passe dans le surchauffeur où, par l'action prolongée d'une haute température, il prend le degré d'homogénité nécessaire pour assurer l'uniformité du pouvoir éclairant.

Le gaz carburé peut être employé seul ou mélangé au gaz de houille. C'est ce dernier système qui convient le mieux, puisque l'usine à gaz de houille fournit le coke nécessaire à l'usine à gaz carburé. Les appareils à gaz carburé sont très facilement mis en train puisque trois heures suffisent pour les mettre en plein fonctionnement, qualité qui, en cas d'avarie subite dans l'usine ordinaire, peut rendre d'inappréciables services.

Reste à examiner l'importante question du prix de revient.

1° *Gaz à l'eau carburé* (non compris le capital).

On peut établir comme suit le prix de revient de 10 000 m^3 de gaz produits par jour :

5 000 *kg* de coke à 0,039 *f*	195 *f*	
4 500 *kg* d'huile minérale à 0,15 *f*	675	
2 000 *kg* poussier de coke à 0,01 *f*	20	
Main-d'œuvre, 2 équipes de 3 hommes à 6 *f* . . .	36	
Force motrice 16 HP à 200 *f* par an.	10	
Imprévu et divers.	79	
Total		1 015 *f*
A déduire :		
Goudron spécial	20 *f*	
Économie de benzol pour le gaz de houille à additionner au gaz à l'eau	30	
Total		50
Reste net		965 *f*

Prix de revient par mètre cube . . . 0,0965 *f*

2° *Gaz de houille* (non compris le capital) pour 10 000 m^3 par jour :

33 000 *kg* de houille à 0,045 *f*.	1 485 *f*	
Transport à l'usine	33	
Manutention des houilles.	16	
Fabrication.	164	
Manutention du coke et du goudron.	7	
Force motrice et entretien	115	
Total		1 820 » *f*
A déduire :		
14 000 *kg* gros coke à 0,039 *f*.	546 » *f*	
2 000 *kg* poussier de coke à 0,01 *f*	20 »	
1 500 *kg* goudron ordinaire à 0,037 *f*.	55 50	
Eau ammoniacales et divers	14 »	
Total		635 50 *f*
Reste net		1 184 50 *f*

Prix de revient par mètre cube. . . 0,11845 *f*

Le prix de revient du gaz à l'eau carburé est donc de 9,5 centimes contre 11,85 pour le gaz de houille. Les appareils existant parallèlement à ceux du gaz de houille permettront de produire ou d'utiliser pour la fabrication beaucoup de coke, suivant l'état du marché.

A supposer que le quart de la production de l'usine soit fourni par le gaz à l'eau, on réaliserait de ce fait une économie annuelle d'environ 2 000 008 $\times$ 0,11845 — 0,0965 = 43 900 *f*.

L'installation d'une batterie pour 10 000 m^3, telle que le Conseil la propose, aménagée de manière à pouvoir être doublée plus tard, reviendrait à 150 000 *f* environ tout compris, le gaz passant par les appareils et épurataurs conjointement avec le gaz de houille.

Avec une dépense supplémentaire de 100 000 *f* on pourrait porter la production à 20 000 m^3 par jour tandis que le prix de revient d'une nouvelle batterie de fours à cornues pour la même quantité de gaz de houille serait d'environ 700 000 *f*.

L'économie en capital serait donc de 450 000 *f*.

Il est à remarquer qu'avec la consommation actuelle on est déjà obligé de rallumer les vieux fours qui travaillent dans des conditions bien moins économiques que celles qui ont été considérées ci-dessus. Si on ne faisait pas l'installation du gaz à l'eau, il faudrait réparer ces fours, ce qui coûterait 100 000 *f*.

De sorte que si on établit la batterie projetée pour le gaz à l'eau, celle-ci, la réparation des anciens fours étant abandonnée, ne coûtera en réalité que 50 000 *f*.

On peut se rendre compte de la faveur dont jouit le gaz à l'eau, même dans des pays miniers tels que l'Angleterre, par le fait que la première installation faite dans le Royaume-Uni date de 1893 et qu'actuellement il n'est presque pas de grande usine qui n'utilise le gaz à l'eau carburé. Les plus importantes de ces installations sont les suivantes :

Manchester.	98 000 m^3	par jour.
Beckton	60 000	—
Dublin, ...	56 000	—
Brighton.	53 000	—

En Allemagne, Hambourg, Brême, Koenigsberg, Posen et bien d'autres villes ont fait des installations semblables.

On pourrait peut-être objecter que les émanations du gaz à l'eau carburé sont plus délétères et partant plus dangereuses que celles du gaz ordinaire, à cause de la plus forte proportion d'oxyde de carbone. Le Parlement anglais, qui avait nommé une commission pour l'étude de ce côté de la question, n'a pas jugé à propos jusqu'à présent de limiter la proportion du gaz à l'eau pouvant être mélangé au gaz de houille. La limite d'oxyde de carbone considérée par cette commission comme admissible dans le gaz envoyé en ville est de 12 à 15 0/0, suivant l'état des installations particulières.

En supposant un gaz de houille ayant environ 4 1/2 0/0 d'oxyde de carbone (ce chiffre est approximatif et varie avec la qualité des houilles) et un gaz à l'eau carburé en ayant environ 30 0/0, on trouve que 30 0/0 de gaz à l'eau donnent dans le mélange 12 0/0 d'oxyde de carbone et que 45 0/0 de gaz à l'eau en donnent 16 0/0.

En supposant les plus mauvaises conditions d'entretien des installations, on pourrait ainsi, même de nuit, mettre 30 0/0 de gaz à l'eau dans le mélange.

Le rapport ne prévoit que la fourniture du quart de la production en gaz à l'eau et il est loisible de forcer la dose de jour et de la réduire de nuit, de manière à rester au-dessous de cette limite ; il reste donc une forte marge et on ne court aucun risque d'imprévu désagréable. Il faut remarquer, du reste, qu'aux États-Unis 70 0/0 de la quantité du gaz émis est du gaz à l'eau carburé.

Principaux avantages. — On peut résumer comme suit les divers avantages que l'on peut retirer de l'installation d'une usine à gaz à l'eau carburé combinée avec l'ancienne usine à gaz de houille :

1° Facilité de régler la production suivant les heures de la journée en marchant seulement la nuit ;

2° Facilité de pouvoir régler à chaque instant le pouvoir eclairant, en cas de mauvaise qualité du gaz de houille, par exemple ;

3° Utilisation de l'usine, réglable suivant le prix de vente et, de ce fait, mieux value sur la vente du coke ;

4° Disparition des dépôts de naphtaline, si gênants suivants les saisons ;

5° Assistance en cas de disette de charbon ;

6° Enfin, l'utilisation d'un capital de 150 000 *f* procurera à l'usine à gaz une économie annuelle de 43 900 *f* sur le prix de revient du gaz.

Le rapport a été approuvé et on procède en ce moment aux nouvelles installations.

Transport par chemin de fer de la fonte liquide. — Actuellement, les aciéries de Carnegie à Homestead tirent leur fonte des hauts fourneaux de Duquesne situés à une distance de 7 1/2 *km*, mais comme les aciéries de Duquesne ne vont pas tarder à absorber toute la fonte produite par les hauts fourneaux voisins, les aciéries de Homestend devront prendre la fonte des hauts-fourneaux de Carrie, dont la distance n'est que de 6 *km*. En ce moment, entre la coulée et l'arrivée de la fonte aux mélangeurs, il y a un intervalle d'une heure, lequel se trouvera réduit à 20 minutes, ce qui présente des avantages de divers ordres. Mais entre les hauts fourneaux et les aciéries se trouve la rivière Monongahela dont le passage exige la construction d'un pont très important. Ce pont servira à l'Union R, dans lequel la Société Carnegie est fortement intéressée, et au transport des minerais, laitiers, castines et diverses autres matières. Mais une des deux voies sera exclusivement réservée au transport de la fonte liquide.

Ce pont, actuellement en construction, doit avoir 701,50 *m* de longueur totale avec une travée principale de 152,50 *m* d'ouverture et 24,70 *m* de hauteur de poutres. Le poids total doit être de 8 300 *t* métriques.

La voie pour le transport de la fonte liquide sera garnie de tôles d'acier sur le sol et sur les côtés jusqu'à une hauteur de 1,22 *m* au-dessus des rails pour éviter la projection de métal liquide sur les bateaux passant sous le pont ou sur les trains circulant à côté. Ces tôles sont de plus recouvertes d'une garniture de briques réfractaires et la couche du plancher recevra une épaisse couche de sable.

Il existe déjà sur le Monongahela deux ponts pour chemins de fer transportant de la fonte liquide, le pont de Port-Ferry et le pont de RanKin.

Production de fer par le procédé Stassano. — L'*Elettricista* donne les renseignements suivants au sujet du procédé *Stassano*, dont nous avons dit quelques mots dans les *Informations techniques* d'octobre 1899, p. 544.

En mars 1899 s'est constituée, à Brescia, une société anonyme au capital de 900 000 *f* pour l'essai de la fabrication du fer, de l'acier et des alliages de fer avec le chrome, le tungstène, le nickel, le manganèse etc., et l'utilisation des sous-produits par le procédé breveté du capitaine

d'artillerie, Ernest Stassano. La Société a acquis l'établissement de Darfo (Val Camonica) de la Compagnie Bonara, établissement qui possède une chute de la rivière Dezza, affluent de l'Oglio, chute donnant une puissance d'environ 1 800 *ch*.

Après d'heureuses modifications dans le matériel hydraulique et l'installation des appareils électriques, sous la direction du capitaine Stassano, on a fait, les 24, 25 et 26 novembre dernier, des expériences définitives pour la réduction directe du minerai de fer. Ces expériences ont eu lieu en présence d'une commission composée du professeur Riccardo Arno, du Politecnico de Milan, du professeur Carlo Del Lungo, du lycée de Spezia; de l'ingénieur Siracusa, directeur de la Société italienne d'électricité Cruto; du comte Federico Battoni, président de la Société électro-siderurgique Camuna, et du chevalier Ruscovi, membre du Conseil d'administration de la même Société.

On a pour la première fois fait fonctionner un grand four électrique de 500 *ch* et on a obtenu avec la plus parfaite régularité des loupes de fer doux pesant 350 *kg*. On a fait aussi des expériences avec un four de 150 *ch* avec lequel on a obtenu des masses de composition très régulière de fer doux, d'acier et d'alliages de fer avec d'autres métaux.

Lord Armstrong. — Lord Armstrong, mort le 27 décembre dernier, dans sa résidence de Cragside dans le Northumberland, s'était acquis une réputation universelle et méritée par ses divers travaux, dans l'ordre mécanique, bien qu'il se fût formé lui-même sans aucune préparation régulière et même sans apprentissage technique.

William George Armstrong était né en 1810 à Newcastle-sur-Tyne. Il avait fait ses études de droit et s'était établi comme avocat. Il avait toutefois le goût des sciences, était doué d'un grand esprit d'observation et se plaisait à faire des expériences et des essais et à construire des modèles de machines. Il inventa un moteur hydraulique en 1838 et imagina en 1840 sa machine hydro-électrique dans laquelle l'électricité statique était produite par le frottement de la vapeur dans des ajutages de forme particulière. Cet appareil qui fit beaucoup de bruit lors de son apparition, ne passa pas dans la pratique, mais il valut à son auteur l'admission, assez difficile comme on sait, dans la Société Royale, sous le patronage de Faraday.

En 1847, Armstrong s'intéressa dans un petit atelier de construction établi aux environs de Newcastle et qui devait être le berceau des célèbres usines d'Elswick. Ses premiers travaux furent relatifs à l'emploi de l'eau sous pression comme force motrice, question qui, à élle seule, aurait suffi à lui valoir sa réputation comme ingénieur, et sa fortune.

La machine à colonne d'eau est originaire d'Allemagne ou plutôt de Hongrie; elle fut introduite en Angleterre en 1765 par un ingénieur nommé Westgarth auquel cette innovation valut un prix de la Société des Arts et elle fut perfectionnée par Smeaton et par Trevithick. Armstrong se servait d'abord de l'eau sous pression des conduites de ville. C'est ainsi qu'il établit un moteur pour actionner les presses du *Newcastle Chronicle*. La pression totale do l'eau de la ville était de 130 *m*, l'imprimerie étant située à mi-côte, la pression sur la machine était de 60 *m*

et l'eau sortant avec une charge de 70 *m* était encore utilisable pour les quartiers moins élevés. Cette machine avait deux cylindres à double effet inclinés à 45° l'un vers l'autre et actionnant la même paire de manivelles. Les pistons avaient 95 *mm* de diamètre et 178 *mm* de course ; avec 60 tours de l'arbre par minute, ils dépensaient environ 13 500 *l* par heure et donnaient un travail de 3 *ch* nets. Armstrong établit sur les quais de Newcastle une grue actionnée également par l'eau de la ville ; une application semblable fut faite aux Albert Docks à Liverpool. Mais la nécessité de recourir à l'eau des canalisations publiques limitait considérablement les applications ; Armstrong établit dans plusieurs cas des réservoirs d'eau, placés à un niveau plus ou moins élevé, mais ces constructions étaient très coûteuses. Se trouvant à New Holland, au bord de l'Humber, en présence de terrains peu favorables à l'établissement de constructions d'un grand poids, il imagina de remplacer ces réservoirs par des accumulateurs à poids, ce qui permit au système de transmission hydraulique de prendre rapidement un immense développement et de recevoir des applications des plus variées, au nombre desquelles il est piquant de citer la manœuvre des gros canons que l'auteur ne prévoyait pas devoir être plus tard pour lui une seconde source de gloire et de fortune.

On dit que c'est la guerre de Crimée qui appela l'attention d'Armstrong sur l'artillerie, mais ses idées ne prirent une forme pratique que plus tard, en 1858. Le professeur Barlow avait signalé les difficultés que présentait l'emploi de grosses pièces d'artillerie d'un seul morceau par suite des différences de travail des diverses couches concentriques. Avec une épaisseur un peu considérable, il arrivait que les couches intérieures pouvaient travailler à la rupture alors que les couches extérieures d'un développement bien plus grand pouvaient ne pas arriver à la limite d'élasticité. Le remède était de constituer l'enveloppe de plusieurs couches distinctes recevant des tensions initiales croissant avec leur diamètre. Armstrong construisit ainsi des canons formés d'anneaux superposés fabriqués selon le système à rubans déjà usité pour les armes de chasse On sait le succès qu'il obtint. Il n'entre pas dans notre cadre de traiter de la question de l'artillerie pour laquelle nous n'avons aucune compétence ; il nous suffira de rappeler, d'après les journaux anglais, qu'au moment où Armstrong aborda le sujet, les plus grosses bouches à feu à âme lisse pesaient 4 750 *kg* et on ne croyait pas pouvoir en placer de plus fortes sur les navires, le plus gros projectile pesait 42,5 *kg* et la plus forte charge de poudre 7,25 *kg*. Armstrong put voir, de son vivant, des canons de sa fabrication du poids de 110 *t* anglaises lançant des projectiles de 906 *kg* avec des charges de 435 *kg*.

Doué de qualités brillantes, Armstrong avait su suppléer à son défaut d'instruction technique primitive, une seule chose lui manquait, la pratique du dessin, et il le regrettait. Il savait choisir ses collaborateurs et s'entourer d'un personnel de choix, ce qui contribua grandement à la prospérité merveilleuse acquise par les établissements d'Elswick. Ses manières étaient agréables et il était très aimé de son entourage.

Comme on peut le penser, les honneurs ne manquèrent pas au héros de cette notice. Il fut Président de l'Institut des Ingénieurs Civils, de

l'Institut des Ingénieurs Mécaniciens, de l'Association Britannique, Vice-Président de la Société des Arts qui lui avait, en 1878, décerné sa médaille Albert. Il avait été élevé à la pairie en 1887. On nous permettra d'ajouter, comme nous avons déjà eu occasion de le faire plusieurs fois dans des biographies analogues, qu'un tel nom n'eût pas été déplacé sur la liste des Membres honoraires de la Société des Ingénieurs Civils de France.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1900.

Rapport de M. E. SAUVAGE sur **la distribution à recouvrements variables** de M. Pierre GUÉDON.

Notre Collègue, M. Guédon, a exposé lui-même son système très ingénieux de distribution, dans une note insérée au Bulletin d'avril 1899, pages 595 et suivantes, de notre Société. Nous nous bornerons à indiquer que M. Sauvage conclut dans son rapport que cette disposition peut être intéressante, notamment pour les locomotives compound, et que le nouveau mécanisme parait pouvoir s'appliquer assez facilement et n'introduit pas de complications fâcheuses.

Rapport de M. MÜNTZ sur **la végétaline, corps gras alimentaire extrait de la noix de coco** et présenté par MM. ROCCA, TASSY et DE ROUX, à Marseille.

Ce produit se présente sous l'aspect d'une sorte de graisse onctueuse d'une blancheur parfaite et d'une saveur agréable. Sa conservation est facile et à peu près illimitée. Consistante à la température ordinaire, la végétaline se transforme par fusion en une huile limpide et incolore. On peut s'en servir pour la cuisine et la pâtisserie. Ce produit, n'est, du reste, que le beurre de coco extrait et épuré par des procédés industriels ingénieux.

Les marines de guerre modernes, par M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT *(suite)*.

Cette partie est consacrée à la marine des États-Unis.

La plaine de Caen, par M. GUENAUX *(suite et fin)*.

Cette dernière partie du travail très considérable de M. Guenaux traite de la race bovine, des industries laitière et fromagère, de l'économie rurale et des méthodes d'exploitation, du travail des fermes, de quelques industries annexes telles que l'horticulture, l'ostréiculture et la fabrication du cidre, et se termine par des considérations sur l'état moral et intellectuel de la population.

Notice sur les ordures ménagères de Paris, par M. Paul VINCEY.

On trouvera ici des annexes relatifs au transport des ordures par chemin de fer et à la réglementation publique concernant ce transport, ainsi que le rassemblement des ordures ménagères dans les maisons,

sur les trottoirs des rues, le chiffonnage et les dépôts de gadoues hors Paris et, enfin, les devis et cahier des charges de l'entreprise pour l'enlèvement des boues, ordures ménagères et résidus de balayage dans Paris (IIe et IIIe arrondissements exceptés) du 16 juillet 1899 au 15 juillet 1901. Nous citerons encore le rapport de la Commission spéciale, instituée par arrêté du Préfet de la Seine du 24 août 1897, pour étudier les divers procédés possibles pour débarrasser Paris de ses ordures ménagères.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description des bulldozers, sortes de presses à forger très employées aux États-Unis, une note sur l'économie relative des machines à triple et quadruple expansion de M. L. Mollandry, sur le frappeur Boyer à longue course, sur l'action du champ magnétique terrestre, sur la marche d'un chronomètre aimanté, par M. A. Cornu.

ANNALES DES MINES

2e livraison de 1900.

L'exploitation mécanique dans les houillères des États-Unis, par M. A. de Gennes, Ingénieur civil des Mines (1).

L'introduction des machines pour remplacer, dans le travail du charbon, la main de l'homme, date, aux États-Unis, d'une vingtaine d'années. Cet emploi s'est considérablement développé. On peut considérer que les machines à déhouiller le charbon ont donné une économie dans le prix de revient de 15 à 17 0/0, qu'elles ont réduit le nombre d'ouvriers nécessaire, à production égale, à 64 0/0 ou, enfin, qu'elles ont augmenté la production de 60 0/0.

L'emploi de la mécanique dans les mines peut s'opérer de trois manières :

1° Traction par câble et vapeur pour le reste ;

2° Traction électrique et air comprimé pour le reste ;

3° Traction électrique et électricité pour le reste.

On renonce peu à peu au premier principe et aucune des nouvelles installations ne se fait suivant lui. La deuxième méthode est plus en faveur ; elle comporte deux variantes : 1° de grands compresseurs, installés à la surface, envoient l'air dans l'intérieur de la mine ou 2° on a dans celle-ci, de petits compresseurs actionnés par des dynamos, ce qui a l'avantage d'éviter les longues conduites.

La troisième méthode semble préférable pour de grandes installations où on ne recule pas devant la nécessité de faire une double installation de génératrices et de canalisation. On emploie les courants

(1) Dans la note du même auteur, parue dans le Bulletin de septembre 1900 de notre Société, il n'est question que de l'abattage mécanique de la houille ; le compte-rendu sommaire que nous donnons ici ne fait donc pas double emploi avec cette note.

directs pour la traction et les courants directs ou polyphasés pour le reste.

La note décrit ensuite les diverses machines employées pour l'abatage du charbon, dehouilleuses, haveuses à pic, haveuses à outil rotatif rigide, haveuses à chaine, rouilleuses, perforatrices, chargeuses, etc., et étudie la traction mécanique par l'électricité, puis les machines accessoires telles que pompes, compresseurs, ventilateurs, éclairage, treuils, etc.

Note sur **la législation des mines en Chine,** par M. Leclerc, Ingénieur en chef des Mines.

On ne doit pas s'attendre à trouver dans le régime légal des mines chinoises quelque trace des idées et des systèmes en vigueur en cette matière dans les pays ouverts à toute civilisation. Les conditions de l'exploitation des mines en Chine ne sont que l'application du régime fiscal qui est la base de toute l'administration du pays. Elles se ressentent de l'absence de toute notion exacte relative à la topographie souterraine ou à la nature des gîtes mineraux. Les croyances, qui sont la base de la législation, placent les gisements mineraux exploitables sous le domaine des génies infernaux ou dragons. Ces idées superstitieuses dominent encore dans toutes les classes de la société et beaucoup d'affleurements portent des temples dédiés aux dragons et les mineurs sont fermement convaincus qu'il dépend de ces dragons de faire disparaître le gisement si l'exploitant manque à l'accomplissement de quelque règle ou laisse pénétrer un Européen dans les travaux.

A cette difficulté il en existe une autre, c'est que l'exercice de la profession minière constitue, dans les régions où elle s'exerce actuellement, un droit héréditaire pour un certain nombre de familles. Ce droit n'a jamais été limité et, en ce qui concerne la houille, on peut dire que l'exploitation est pour ainsi dire universelle. Il n'existe donc pas en Chine de gisements légalement inexploités ou abandonnés, et les mandarins disent la vérité lorsqu'ils répondent aux Européens que les mines appartiennent au peuple ou parfois à l'Empereur, mais qu'en tout cas le Gouvernement ne s'y intéresse que pour maintenir à un certain nombre de familles les moyens d'existence qui leur sont nécessaires.

Le rôle de l'administration chinoise dans l'exploitation des mines, comme on vient de l'indiquer, se réduit toujours à une action fiscale et ne revêt jamais aucun caractère technique. Les produits de l'exploitation sont grevés de droits s'élevant à 25 à 30 0/0. Cette charge énorme suffit à expliquer l'état actuel de l'industrie minière en Chine.

La population minière n'est pas sans reconnaitre la supériorité des procédés industriels européens, mais elle ne parait pas capable de se les assimiler. Le contact avec l'industrie européenne qui a pris une grande extension dans les villes ouvertes a plutôt jusqu'ici entretenu des opinions hostiles à cette industrie ; tout au plus a-t-il fait croire aux gens du pays qu'il leur suffirait d'acheter nos machines les plus compliquées pour obtenir les meilleurs résultats sans le concours des Européens. Il faudrait qu'une administration européenne délivrât le Chinois des

influences qui enserrent tous ses actes dans une sorte d'esclavage anti-économique pour qu'on pût développer les aptitudes techniques et commerciales très réelles qui le distingent.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

Décembre 1900.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 10 décembre 1900.

Communication de M. Rateau sur **les ventilateurs et pompes centrifuges à haute pression.**

Autrefois, on ne demandait aux ventilateurs centrifuges que des pressions très faibles, un demi-mètre d'eau ou tout au plus 0,60 à 0,70 *m*.

On est arrivé récemment à des hauteurs bien plus grandes, mais la difficulté est de produire ces pressions avec un bon rendement. La turbine à vapeur, en permettant de transmettre une grande puissance par un arbre tournant très vite, rend possibles des hauteurs d'élévation de 200 à 300*m* et l'établissement de ventilateurs qui sont de véritables compresseurs, tandis que les pompes centrifuges peuvent être avantageusement appliquées à l'épuisement des mines.

L'auteur cite quelques exemples d'appareils de ce genre construits, d'après sa théorie, dans les ateliers Sautter-Harlé.

Communication de M. Verney sur **l'aluminothermie.**

L'auteur cite, d'après plusieurs publications, les applications faites des travaux du docteur Goldsmith, d'Essen, qui a su tirer le premier parti des propriétés réductrices de l'aluminium sur certains oxydes métalliques pour obtenir des températures très élevées. (Voir Chronique de novembre 1898, page 447).

Parmi ces applications, on peut citer la production de métaux à l'état de pureté, la soudure des tuyaux et des rails, le chauffage de certaines pièces de métal en des endroits déterminés sans chauffage des parties environnantes, etc.

Expériences faites et progrès réalisés dans les mines de Prusse, en 1899. (Extrait du *Zeitschrift für das Berg, Hütten und Salinenwesen*).

Il est ici question d'essais de perforatrices électriques, de haveuses mécaniques, de lampes électriques et des transports souterrains dans les mines, ainsi que de comparaisons entre diverses méthodes d'exploitation.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE MAI-JUIN 1900.

Le chemin de fer électrique des Trois-Épis, par M. P. FAVRE-BOURCART.

Cette ligne, qui constitue le premier chemin de fer de montagne des Vosges, relie la petite ville de Turckheim, située à peu de distance de Colmar, au sommet des Trois-Épis, lieu de pèlerinage très fréquenté et d'où on jouit d'une très belle vue sur les Vosges et sur la plaine qui s'étend jusqu'à la Forêt-Noire, d'une part, et, de l'autre, jusqu'à la chaîne des Alpes.

La longueur totale de la ligne est de 8670 *m* ; la différence d'altitude des extrémités est de 400 *m* ; cela donnerait une inclinaison moyenne de 4,5 0/0, mais, comme la partie depuis Turckheim jusqu'au pied de la montagne, est presque entièrement en palier, le reste présente une déclivité beaucoup plus accentuée qui atteint un maximum de 10 0/0.

La voie suit en partie la route ; elle est constituée en rails Vignole en acier de 20 *kg* le mètre courant posés sur traverses en acier.

L'exploitation se fait par voitures automobiles contenant 35 personnes dont 18 assises. Les deux essieux ne sont écartés que de 1,70 *m* pour réduire la résistance au passage des courbes dont le rayon est parfois très faible, inférieur à 40 *m*. Il y a deux moteurs électriques auxquels le courant à 600 volts est fourni par un trolley avec retour par les rails; les deux moteurs développent ensemble environ 40 *ch*. A la montée, la vitesse est de 12,5 *km*, et à la descente de 11. Le freinage se produit par le fonctionnement des moteurs comme générateurs par circuit fermé.

La station centrale, située près de Turckheim, comprend deux dynamos à courant continu actionnées chacune par une machine compound à condensation développant de 75 à 100 *ch*. Il y a, en outre, pour la production de la lumière, trois dynamos à courant triphasé actionnées par deux machines compound semblables aux précédentes. La vapeur est fournie par deux chaudières tubulaires mixtes de 150 m^2 de surface de chauffe totale timbrées à 9 *atm*.

La ligne, ouverte le 5 juin 1899, a été construite par la maison Schuckert, de Nuremberg, au moyen d'une subvention de l'État et des communes de 20000 marks par kilomètre ; de plus, un certain nombre de communes ont demandé l'éclairage par l'électricité. Si du prix d'établissement on déduit le tiers, représentant ce qui se rapporte à la production de la lumière, on arrive à un total de 626000 marks, pour ce qui concerne le chemin de fer. En en déduisant la subvention, reste 453000 marks qui doivent porter intérêt et être amortis en cinquante ans, durée de la concession.

L'expérience faite jusqu'ici démontre que les résultats financiers dépassent les prévisions.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 51. — *22 décembre 1900.*

Expériences relatives à l'influence de la température sur la résistance et l'élasticité du bronze par C. Bach.

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — Les machines de filature, par G. Rohn.

Marques de fabriques et inventions, par Schanze.

Groupe de la Ruhr. — Préavis sur l'amélioration du métal des rails.

Groupe de Saxe-Anhalt. — L'extraction de l'or au Transvaal et ses rapports avec les autres industries.

Revue. — Procédé Goldschmidt pour le soudage des rails.

N° 52. — *28 décembre 1900.*

Exposition universelle de 1900. — Les appareils de levage, par Kammerer *(suite).*

Expériences sur un marteau pneumatique, par A. Lüdicke.

Calcul des ressorts en spirale pour tampons, par V. Meyer.

Machine compound de 150 *ch* pour commande de dynamo, par L. Kliment.

Bibliographie. — Construction des barrages de réservoirs, par P. Ziegler.

Revue. — Riveuse hydraulique — Importation et exportation de machines pour l'union douanière allemande dans l'année 1899.

N° 1. — *5 janvier 1901.*

Nouvelles machines élévatoires, par G. ter Meer.

Dynamos de 3000 kilowatts de la Société électrique de Berlin, construites par la Société générale d'électricité de Berlin.

Exposition universelle de 1900. — Les appareils de levage, par Kemmerer *(suite).*

Recherches sur l'échauffement de l'eau dans une chaudière de locomobile pendant la période de mise en pression, par C. Bach.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Développement de l'emploi du gaz comme force motrice.

Bibliographie. — Manuel de géométrie analytique, par O. Dziobek.

Revue. — Fonderie et fabrique de machines de G. et J. Jäger, à Elberfeld.

N° 2. — *12 janvier 1901.*

Nouvelles machines élévatoires, par G. ter Meer *(fin).*

Influence du ployage et du redressage sur les propriétés résistantes de l'acier, par M. Rudeloff.

Exposition universelle de 1900. — Moteurs à explosion, par Fr. Freytag *(suite).*

Emploi des résidus de pétrole comme combustible dans les locomotives.

Groupe de Bavière. — Alimentation d'eau des agglomérations surtout au point de vue de la Bavière.

Groupe de Berlin. — Soudage de la fonte.

Bibliographie. — Éléments de stéréométrie, par G. Holzmüller. — Application du calcul différentiel aux sciences naturelles, par A. Fahrmann.

N° 3. — *19 janvier 1901.*

Roulements à billes pour charges de toute valeur, par Stribeck.

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Rectification de l'alcool et installation d'une raffinerie d'alcool dans le gouvernement de Toula, Russie, par C. Sand.

Groupe de Berg. — Réforme des écoles.

Groupe de Dresde. — Développement de la navigation à vapeur pour service de voyageurs sur l'Elbe.

Groupe de Franconie et du haut Palatinat. — Les contrats de service avec la législation actuelle. — Les torpilleurs.

Groupe de Pomeranie. — Compteur automatique de gaz.

Association pour les questions de chemins de fer. — Les chemins de fer africains.

Bibliographie. — Exécution des dessins dans les ateliers de construction de machines, par J. F. Weyde et A. Weickert.

Revue. — La Russie à l'Exposition universelle de 1900 à Paris, par Fr. Frölich.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Traité de la chaudronnerie industrielle en cuivre et en fer, par E. Bréhier, Examinateur de l'école Diderot, Constructeur en chaudronnerie (1).

Ce traité renferme la substance des leçons que M. Bréhier professe depuis douze ans au cours qu'il a fondé à l'association Philotechnique. Il sera très fructueusement consulté par l'ouvrier chaudronnier déjà au courant du métier, chaque fois qu'il aura à résoudre une difficulté nouvelle rencontrée dans l'exercice de son art, et par l'apprenti qui y trouvera, en langage simple et clair, quelques éclaircissements sur les méthodes enseignées à l'atelier.

Les Chefs d'industrie et les Ingénieurs préposés à la direction des travaux dans les usines y puiseront les conseils et les renseignements pratiques les plus utiles, qu'une expérience de plus de quarante années de pratique dans la chaudronnerie industrielle a permis à l'auteur de condenser dans ce volume de plus de cinq cents pages.

Cet ouvrage est divisé en cinq parties.

Dans les préliminaires de la *première partie*, l'auteur passe en revue les transformations de la chaudronnerie depuis les âges les plus reculés jusqu'au moment actuel; il y signale les centres de fabrication les plus connus. Il traite ensuite des métaux qui tiennent une place prépondérante : spécialement du cuivre, du fer, de l'étain, du zinc, du plomb et de leurs soudures. Après avoir dit un mot des matières premières accessoires et des combustibles employés, et après avoir décrit, avec de nombreuses figures à l'appui, l'outillage nécessaire au travail, il aborde les conditions d'établissement et d'organisation d'un atelier de chaudronnerie.

La *seconde partie*, consacrée au tracé des principaux types de coupes, est précédée de quelques notions de géométrie élémentaire et de géométrie descriptive.

La *troisième partie*, traite des principes généraux de la chaudronnerie de cuivre et de fer.

Pour *le cuivre*, de la mise en forme, emboutissage, retreinte, planage, moyens d'assemblage. Des soudures, brasures, rivures; du bordage, de l'étamage après récurage.

Pour *le fer*, du dressage, planage, traçage, perçage, rivetage et chanfreinage de la tôle.

La *quatrième partie* comprend la description des appareils les plus employés dans l'industrie et les détails de leur construction : Buanderies, hydrothérapie, appareils balnéaires, réservoirs et tuyautages —

(1) Bernard et Cie, imprimeurs-éditeurs — 29, quai des Grands-Augustins. — Prix : 10 francs.

fabrication des conserves alimentaires, conservation des fruits, pasteurisateurs, autoclaves divers; appareils de distillerie de sucrerie, de confiserie, de savonnerie, de parfumerie.

La *cinquième partie*, traite des industries se rattachant à la chaudronnerie : tuyauterie, robineterie, pompes, Galvanisation et fonderie, On y trouve la nomenclature des expressions employées en chaudronnerie avec leur sens exact; puis un résumé, par M. Baugarel, des instructions sur la conduite des chaudières à vapeur ainsi que le décret du 1er mai 1880 sur les chaudières à vapeur. Enfin, l'ouvrage se termine par de nombreux tableaux mnémoniques très utiles à consulter

G. de Retz.

IVe SECTION

Analyse des gaz, par M. Pozzi-Escot *(Encyclopédie des aide-mémoire Leauté)* (1).

L'analyse industrielle des gaz que l'on rencontre dans les diverses branches de la carrière de l'Ingénieur prend chaque jour une importance croissante. Il était donc naturel que ce sujet soit traité dans l'*Encyclopédie des aide-mémoire Leauté*.

C'est ce qu'a fait M. Pozzi-Escot; il rappelle les caractères des divers gaz et décrit l'analyse d'un certain nombre de mélanges de gaz, puis il donne la description des principaux appareils en usage dans les laboratoires.

Une étude critique des méthodes et des appareils eût été intéressante si elle avait été possible dans un ouvrage forcément restreint.

F. Marboutin.

Les industries chimiques en Algérie, par M. Lahache, pharmacien-major de 2e classe, docteur de l'Université de Paris.

Cette brochure renferme une série de courtes notices sur les industries chimiques en Algérie; c'est un exposé très sommaire mais précis et clair et par suite intéressant de la situation où se trouvent actuellement les diverses industries chimiques dans notre grande colonie africaine et des conditions dans lesquelles elles peuvent s'y transformer et s'y développer.

L'auteur a, en même temps que des industries chimiques, parlé des industries des mines et de la métallurgie qui ont les unes avec les autres tant de points communs.

P. Jannettaz.

Pratique industrielle des courants alternatifs, par M. G. Chevrier (2).

Dans cet ouvrage, l'auteur s'est efforcé de rendre aussi élémentaire et

(1) Gauthiers-Villars, Masson et Cie, éditeurs.
(2) In-8, 100×130 de II-268 p. Paris, G. Carré et C. Naud, éditeurs. 1900.

aussi explicite que possible l'ensemble des notions auxquelles se rattachent la production et l'utilisation des courants alternatifs simples.

Le premier chapitre est relatif aux notions générales.

Dans le second chapitre, M. Chevrier a étudié les phénomènes généraux qui se produisent dans les circuits des courants alternatifs comme la self-induction, les courants de Foucault, l'hystérésis, l'induction mutuelle et la capacité des conducteurs.

Les conditions de fonctionnement d'un alternateur sont examinées dans le chapitre suivant.

Le couplage des alternateurs en parallèle fait l'objet du chapitre IV.

Le chapitre V est consacré aux transformateurs qui jouent un rôle si important dans les distributions par courants alternatifs.

Les moteurs à courants alternatifs sont étudiés dans le chapitre VI à la fin duquel on trouve des considérations générales sur les convertisseurs et les commmutatrices.

L'ouvrage se termine par le chapitre VII qui traite de la distribution des courants alternatifs.

Comme le fait remarquer l'auteur dans sa préface, cet ouvrage s'adresse plus particulièrement aux ingénieurs et aux électriciens qui, ayant à étudier les courants alternatifs simples, n'auraient pas eu le loisir d'approfondir un ordre de phénomènes très différents de ceux auxquels a pu les habituer la pratique des courants continus.

L'ouvrage M. Chevrier est à juste titre considéré comme l'un des mioux faits sur la matière et nous ne saurions trop le recommander à nos collègues.

G. Baignères

Traité d'analyse théorique et pratique des substances minérales par les méthodes volumétriques et colorimétriques, par M. E. Pozzi-Escot (1).

Dans ce petit traité, M. Pozzi-Escot s'est attaché à choisir un certain nombre de méthodes volumétriques qui offrent les meilleures garanties d'exactitude. L'exposé très clair de ces méthodes est précédé d'indications sur les principes de l'analyse volumétrique et colorimétrique et de généralités sur le titrage des liqueurs.

Le rôle des divers indicateurs employés en alcalimétrie et en acidimétrie est mis en évidence et accompagné de la table de Glasser.

Ce traité pourra rendre de précieux services aux industriels, qui y trouveront, sous une forme à la fois précise et concise, un ensemble de documents épars dans un grand nombre d'ouvrages souvent fort volumineux.

F. Marboutin.

(1) Veuve Ch. Dunod, éditeur, 1900.

Le Gérant, Secrétaire administratif,

A. de Dax.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1901

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN FRANÇAIS	
Académie des Sciences (Comptes Rendus)	52
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires).	1
Aéronaute (L')	12
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	1
Album National du Commerce et de l'Industrie	1
Almanach Hachette	1
Analyse des Eaux prélevées par le Laboratoire Municipal	52
Annales de la Construction (Nouvelles)	12
Annales des Chemins Vicinaux	12
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	24
Annales des Mines	12
Annales des Ponts et Chaussées (Partie Administrative)	12
Annales des Ponts et Chaussées (Partie Technique)	4
Annales des Travaux Publics de Belgique	6
Annales du Commerce Extérieur	12
Année Industrielle (L')	1
Année Scientifique et Industrielle (L')	1
Annuaire-Almanach du Commerce, de l'Industrie, etc. (Didot-Bottin)	1
Annuaire-Chaix. Les Principales Sociétés par Actions	1
Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics	1
Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France	1
Annuaire de l'Économie Politique et de la Statistique	1
Annuaire de l'Industrie Française et du Commerce d'Exportation	1
Annuaire de la Construction Mécanique et de la Métallurgie (Grand)	1
Annuaire de la Librairie Française	1
Annuaire de la Presse Française et du Monde Politique	1
Annuaire des Adresses Télégraphiques de Paris et d'un grand nombre d'Adresses des Départements et de l'Étranger	1
Annuaire des Architectes, des Ingénieurs et des Entrepreneurs	1
Annuaire des Chemins de fer	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Annuaire des Journaux	1
Annuaire des Longitudes	1
Annuaire des Sociétés Savantes, Littéraires et Artistiques de Paris	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	1
Annuaire et Aide-Mémoire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction Mécanique et de l'Électricité	1
Annuaire Farjas pour les Inventeurs	1
Annuaire Général des Industries : Gaz, Eaux, Électricité (Guide-)	1
Annuaire Général des Sociétés Coloniales	1
Annuaire Général des Sociétés Françaises par Actions (Cotées et non Cotées) et des Principales Sociétés Étrangères	1
Annuaire Général du Bâtiment et des Travaux Publics	1
Annuaire Statistique de la France	1
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin)	12
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin)	12
Association Amicale des Ingénieurs Électriciens (Mémoires et Compte Rendu des Travaux)	4
Association de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte Rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef)	1
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies (Bulletin)	12
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin).	1
Association des Ingénieurs de l'Institut Industriel du Nord	4
Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin)	12
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire)	5
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin)	4
Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles. École Polytechnique. Liste des Membres	1
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales)	4
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France . .	1
Association Française pour la Protection de la Propriété Industrielle (Bulletin)	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences (Bulletin de l'Afas) . .	12
Association Française pour l'Avancement des Sciences (Comptes Rendus des Sessions)	1
Association Internationale pour l'Essai des Matériaux (Statuts et État nominatif des Membres)	1
Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle (Annuaire)	1
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur.	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin) . . .	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Bulletin). . .	1
Association Polytechnique (Bulletin)	12
Association Technique Maritime (Bulletin).	1
Atlas des Voies Navigables de la France.	1
Avenir de l'Automobile et du Cycle (L').	12
Avenir des Chemins de Fer (L')	52
Béton Armé (Le)	12
Bibliographie de la France, Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie.	52
Bibliographie des Sciences et de l'Industrie	12
Bulletin des Transports en Commun	12
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne).	12
Bulletin du Ministère de l'Agriculture	6
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	12
Bulletin International de l'Électricité.	52
Bulletin Officiel du Ministère des Colonies	12
Bulletin Russe de Statistique et de Législation (Saint-Pétersbourg).	1
Bulletin Technique de la Suisse Romande (Organe en Langue Française de la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes (Genève).	24
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires)	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	24
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances)	12
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique)	12
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin).	52
Chambre de Commerce de Paris (Travaux)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux)	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin)	12
Chambre de Commerce Française de Charleroi et des Provinces Wallones (Rapport)	1
Chambre de Commerce Française de Portugal (Bulletin)	12
Chambre des Propriétaires (La). (Bulletin de la Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris)	24
Chauffeur (Le) (4e Série du Technologiste)	24
Chemin de Fer du Nord (Rapport présenté par le Conseil d'Administration)	1
Chemin de Fer du Nord de l'Espagne (Rapport du Conseil d'Administration)	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Direction des Voies et Travaux (Compte Rendu)	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Matériel et Traction (Compte Rendu)	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique (Compte Rendu)	1
Chronique Industrielle	52
Ciment (Le)	12
Comité Central des Houillères de France (Annuaire)	1
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin)	12
Comité des Forges de France (Annuaire)	1
Comité des Forges de France (Bulletin)	104
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin)	12
Compagnie Générale des Omnibus de Paris (Rapport du Conseil d'Administration)	1
Compagnie Générale des Voitures à Paris (Rapport du Conseil d'Administration)	1
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité Permanent)	4
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	1
Conseil Supérieur du Travail	1
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales)	4
Construction Moderne (La)	52
Cosmos (Le)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Description des Machines et Procédés pour lesquels des Brevets d'Invention ont été pris sous le Régime de la Loi du 5 Juillet 1844	4
Direction de l'Hydraulique Agricole (Bulletin)	1
Écho des Mines et de la Métallurgie (L').	52
Éclairage Électrique (L') (Revue hebdomadaire des Transformations Électriques, Mécaniques, Thermiques de l'Énergie).	52
École Nationale des Ponts et Chaussées (Voir : Annales des Ponts et Chaussées).	»
École Nationale Supérieure des Mines (Voir : Annales des Mines)	»
École Spéciale d'Architecture (Concours de Sortie)	1
École Spéciale d'Architecture (Séance d'Ouverture)	1
Économiste Français (L').	52
Électricien (L').	52
Électrochimie (L').	12
Étincelle Électrique (L')	24
Fer-Béton (Le).	12
France Automobile (La)	52
Génie Civil (Le)	52
Gouvernement Général de l'Algérie. Bulletin Hebdomadaire du Service des Renseignements Généraux	52
Grandes Usines (Les). Études Industrielles en France et à l'Etranger	1
Industrie Électro-Chimique (L').	12
Inspection du Travail (Bulletin).	6
Institut des Actuaires Français (Bulletin).	4
Institut Égyptien (Bulletin).	1
Journal d'Agriculture Pratique	52
Journal de la Meunerie	12
Journal de l'Éclairage au Gaz	24
Journal de l'Électricité.	52
Journal de l'Électrolyse. L'Aluminium, l'Acétylène, l'Or et l'Argent	12
Journal des Chemins de Fer	52
Journal des Transports	52
Journal des Travaux Publics	104
Journal des Usines à Gaz	24
Journal des Voyageurs et Expéditeurs et la Revue Générale des Transports réunis (Le)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Journal Officiel	365
Journal Télégraphique (Berne)	12
Locomotion Automobile (La)	52
Marine Française (La)	12
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	52
Mois Scientifique et Industriel. Revue Internationale d'Informations	12
Moniteur de l'Industrie et de la Construction et Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève	24
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	24
Moniteur de la Papeterie Française (Le)	24
Moniteur des Fils et Tissus	52
Moniteur des Intérêts Matériels	104
Moniteur des Intérêts Pétrolifères Roumains (Budapest)	24
Moniteur des Travaux de l'Algérie et de la Tunisie	52
Moniteur Maritime	52
Moniteur Officiel du Commerce	52
Musée Social	12
Nature (La)	52
Observatoire de Nice (Annales)	1
Observatoire Météorologique, Physique et Glaciaire du Mont-Blanc (Annales)	1
Office du Travail (Bulletin)	12
Papier (Le)	24
Paris-Hachette, Annuaire Complet, Commercial, Administratif et Mondain.	1
Portefeuille Économique des Machines	12
Praticien Industriel (Le)	24
Publications Nouvelles de la Librairie Gauthier-Villars (Bulletin)	1
Questions Diplomatiques et Coloniales. Revue de Politique Extérieure	24
Quinzaine Coloniale (La). (Organe de l'Union Coloniale Française)	24
Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques et Consulaires de France (Annexe au Moniteur Officiel du Commerce)	52
Recueils Statistiques sur les Métaux suivants : Plomb, Cuivre, Zinc, Étain, Argent, Nickel, Aluminium et Mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. (Francfort-sur-Mein)	1
Réforme Économique (La)	52
Réforme Sociale (La)	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce . .	4
Répertoire Bibliographique des Principales Revues Françaises	1
Répertoire du Journal Officiel de la République Française	12
Revue Administrative des Travaux Publics	12
Revue Coloniale	12
Revue d'Artillerie	12
Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire	12
Revue de Chimie Industrielle	12
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	1
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	6
Revue de Madagascar (Organe du Comité de Madagascar).	12
Revue de Mécanique.	12
Revue de Statistique (La).	52
Revue des Cultures Coloniales.	24
Revue du Génie Militaire.	12
Revue Générale de Chimie Pure et Appliquée	24
Revue Générale de la Marine Marchande	52
Revue Générale des Brevets Allemands et Anglais.	24
Revue Générale des Chemins de Fer et des Tramways	12
Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées	24
Revue Horticole.	24
Revue Industrielle.	52
Revue Internationale de Navigation Intérieure.	24
Revue Maritime.	12
Revue Philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest.	12
Revue Pratique de l'Électricité	24
Revue Pratique des Travaux Publics.	12
Revue Scientifique et Industrielle de l'année	1
Revue Technique, Annales des Travaux Publics et des Chemins de Fer	24
Revue Universelle des Mines, de la Métallurgie, etc.	12
Semaine Financière (La).	52
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie).	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie).	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube	1
Société Académique d'Architecture de Lyon (Annales)	1
Société Anonyme du Canal et des Installations Maritimes de Bruxelles. Rapport du Conseil d'Administration	1
Société Astronomique de France (Bulletin)	12
Société Belge d'Électriciens (Bulletin)	12
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Bulletin)	2
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Rapport Annuel)	1
Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales)	1
Société d'Économie Politique (Bulletin)	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin)	12
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Compte Rendu)	24
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin)	24
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin)	12
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	4
Société de l'Enseignement Professionnel et Technique des Pêches Maritimes (Bulletin)	4
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin)	4
Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu)	12
Société de Protection des Apprentis (Bulletin)	4
Société de Secours des Amis des Sciences (Compte Rendu)	1
Société de Spéléologie (Bulletin)	4
Société de Spéléologie (Mémoires)	4
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	24
Société des Agriculteurs de France (Session Génerale Annuelle)	1
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers (Bulletin Technologique)	12
Société des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines (Bulletin)	12
Société des Études Coloniales et Maritimes (Bulletin)	12
Société des Ingénieurs et des Architectes Sanitaires de France (Bulletin)	12
Société des Ingénieurs sortis de l'École Provinciale d'Industrie et des Mines du Hainaut (Publications de la) (Liège)	4
Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille (Mémoires)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris (Bulletin)	6
Société Forestière Française des Amis des Arbres (Bulletin)	4
Société Française de Minéralogie (Bulletin)	12
Société Française de Photographie (Bulletin)	24
Société Française de Physique (Compte Rendu)	24
Société Française de Physique (Séances de la)	4
Société Française des Ingénieurs Coloniaux (Bulletin)	4
Société Industrielle de l'Est (Bulletin)	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin)	12
Société Industrielle de Mulhouse (Programme des Prix)	1
Société Industrielle de Reims (Bulletin)	1
Société Industrielle de Reims (Informations et Renseignements Commerciaux)	12
Société Industrielle de Rouen (Bulletin)	6
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin)	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin)	4
Société Internationale des Électriciens (Bulletin)	12
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	12
Société Nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance Publique Annuelle)	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin)	4
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (Compte Rendu du Congrès)	1
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin)	2
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	1
Statistique de la Navigation Intérieure	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 1re Partie)	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 2e Partie)	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	1
Statistique Générale de la France	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	52
Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics de France (Annales)	24
Syndicat des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin)	4
Syndicat Professionnel de l'Acétylène et des Industries qui s'y rattachent (Bulletin Officiel)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Syndicats Professionnels, Industriels, Commerciaux et Agricoles (Annuaire) .	1
Tableau Général du Commerce et de la Navigation	1
I. Commerce (Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères).	
II. Navigation (Navigation Internationale. Cabotage Français et Effectif de la Marine Marchande).	
Touring-Club de France.	12
Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne.	1
Travaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) (Ixelles).	1
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain (Bulletin)	4
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin).	4
Union Syndicale des Maîtres Imprimeurs de France (Bulletin Officiel)	12
Université de Liège, Association des Élèves des Écoles Spéciales (Bulletin Scientifique)	2
Université de Liège, Association des Élèves des Écoles Spéciales (Rapport Annuel).	1
Université de Toulouse (Bulletin)	1
Usines Électriques (Bulletin) (Organe du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité).	12
Vie Scientifique (La)	52
Volta (Le) Électricité. Industries Annexes.	1
Yacht (Le), Journal de la Marine	52
Yachting Gazette. Journal de la Navigation de Plaisance	52
EN ALLEMAND	
Akademie der Wissenschaften (Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen) (Wien)	6
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin).	24
Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift) (Hannover)	8
Baumaterialienkunde (Stuttgart)	24
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	104
Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (Bulletin)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Inhalt der Mechanischen-Technischen Zeitschriften, umfassed des Gesamte Gebiet des Maschinenwesens (Berlin)	12
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher) (Wien)	1
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift) (Wien)	52
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	36
Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Zeitschrift) (Wien)	52
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	12
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur (Berlin)	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	52
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhüttenwesen (Düsseldorf)	24
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	52
Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen) (Wien)	12
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	4
EN ANGLAIS	
Administration Report of the Government of Bengal, Irrigation Department (Calcutta)	1
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	24
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	12
American Institute of Electrical Engineers (Transactions) (New-York)	12
American Institute of Mining Engineers (Bulletin) (New-York)	4
American Institute of Mining Engineers (Transactions) (New-York)	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings) (New-York)	12
American Society of Civil Engineers (Transactions) (New-York)	2
American Society of Mechanical Engineers (Transactions) (New-York)	1
American Society of Naval Engineers (Journal of the) (Washington)	4
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Cleveland)	12
Autocar (The) (London)	52
Automotor and Horseless Vehicule Journal (The) (London)	12
Boston Transit Commission (Annual Report) (Boston)	1
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	1
Canadian Institute (Proceedings) (Toronto)	2

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Canadian Institute (Transactions) (Toronto)	2
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions) (Montreal)	2
Cassier's Magazine (London)	12
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	1
City Engineer of Boston (Annual Report)	1
City Engineer of Newton (Annual Report)	1
Colliery Guardian (The) (Journal of the Coal and Iron Trades) (London)	52
Cornell University Register (The) (Ithaca)	1
Electrical Engineer (The) (London)	52
Electrical Review (New-York)	52
Electrical World and Engineer (New-York)	52
Engineer (The) London	52
Engineering (London)	52
Engineering and Mining Journal (The) (New-York)	52
Engineering Association of New-South Wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	1
Engineering Magazine (The) (New-York)	12
Engineering News and American Railway Journal (New-York)	52
Engineering Record (The) (New-York)	52
Engineering Society of the School of Practical Science (Papers) (Toronto)	1
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings) (Philadelphia)	4
Engineers' Club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	12
Feilden's Magazine (London)	12
Field Columbian Museum (Annual Report) (Chicago)	1
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	12
Horseless Age (The) (New-York)	52
Indian Engineering (Calcutta)	52
Institute of Marine Engineers (London)	1
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	4
Institution of Civil Engineers (Private Press) (London)	24
Institution of Civil Engineers of Ireland (Transactions) (Dublin)	1
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	6
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	1
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings) (London)	4
Institution of Naval Architects (Transactions) (London)	1
Iron Age (The) (New-York)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	52
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)	2
John Crerar Library (Annual Report) (Chicago)	1
Mac Gill College and University (Annual Calendar) (Montreal)	1
Manchester Steam User's Association (The) (Manchester)	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Catalogue) (Boston)	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Report) (Boston)	1
Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers (Transactions) (Barnsley)	4
Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trades in the United States and other Countries (The) (New-York)	1
New-York State Museum (Annual Report) (Albany)	1
New-York State Museum (Bulletin) (Albany)	1
New-York State Museum (Memoirs) (Albany)	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	4
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions) (Halifax Nova Scotia)	1
Railroad Digest (New York)	12
Railroad Gazette (New-York)	52
Railway Age (The) (Chicago)	52
Railway Engineer (London)	12
Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia (Halifax)	1
Scientific American (New-York)	52
Society of Arts (Journal of the) (London)	52
Society of Engineers (Transactions) (London)	1
Street Department of City of Boston (Annual Report)	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	12
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroe. Virginia)	6
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	1
United States Geological Survey (Annual Report) (Washington)	1
United States Geological Survey (Bulletin) (Washington)	1

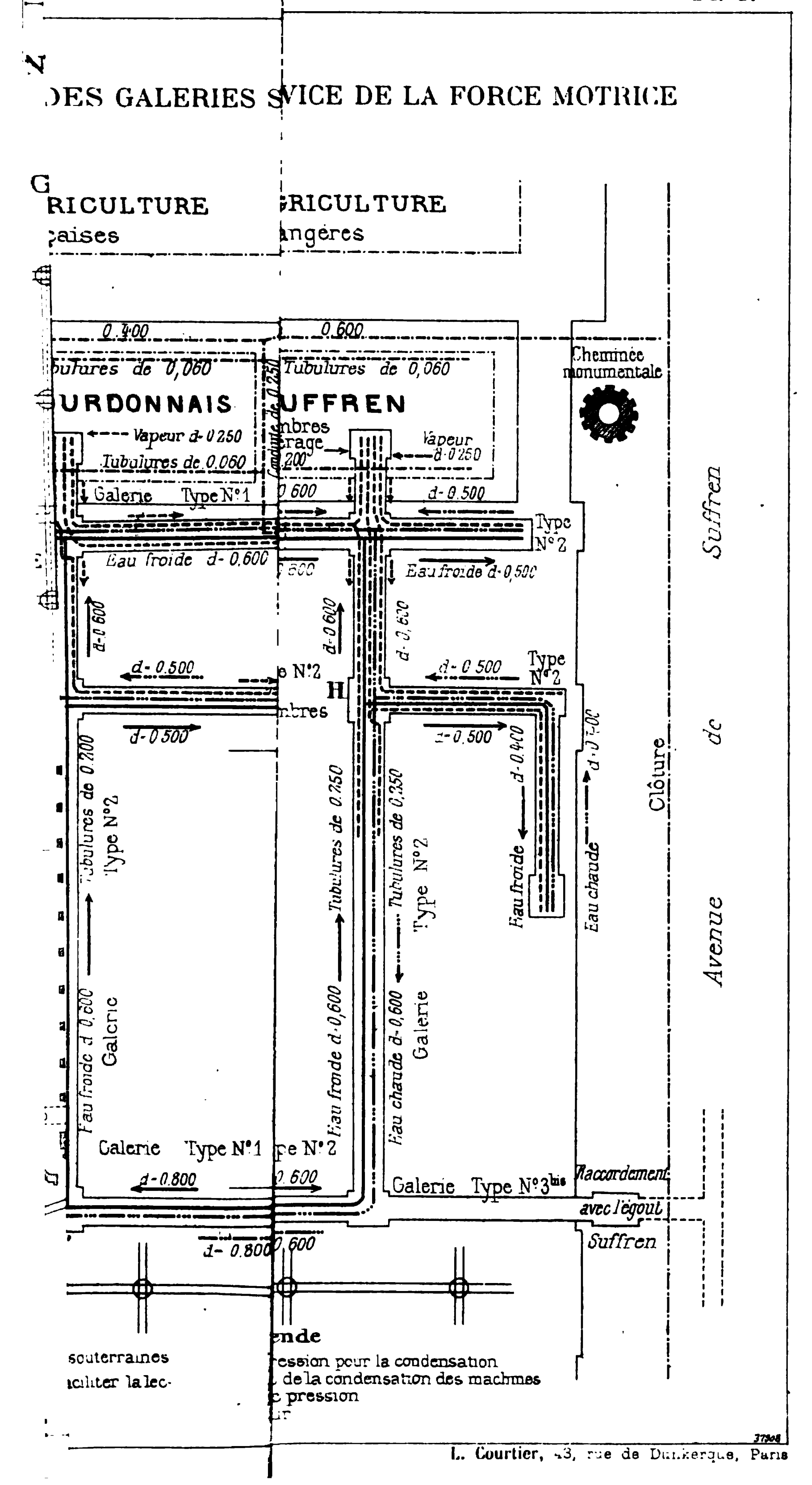
DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
United States Geological Survey (Mineral Resources) (Washington)	1
United States Geological Survey (Monographs) (Washington)	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis)	4
Universal Directory of Railways Officials (The) (London)	1
University of the State of New-York (Annual Report of the Regents) (Albany)	1
University of Wisconsin (Bulletin) (Engineering Series) (Madison)	4
University of Wisconsin (Bulletin) (Science Series) (Madison)	4
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)	6
DANOIS	
Ingenioren (Kjobenhavn)	52
EN ESPAGNOL	
Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin) (Barcelona)	4
Academia Mexicana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales (México)	1
Anuario de la Mineria, Metallurgia y Electricidad de España (Madrid)	1
Asociación de Ingenieros Industriales (Barcelona) (Revista Tecnológico Industrial)	12
Asociación de Ingenieros Industriales (Boletin Oficial) (Madrid)	12
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales) México)	1
Boletin de Agricultura, Mineria e Industrias (México)	12
Boletin de Minas Industria y Construcciones (Lima)	12
Industria é Invenciones (Barcelona)	52
Instituto Geológico de Mexico (Boletin)	2
Junta de Obras del Puerto de Bilbao	1
Museo Nacional de Montevideo (Anales)	4
Observatorio Meteorológico Central de México (Boletin Mensual)	12
Revista de Construcciones y Agrimensura (Habana-Cuba)	12
Revista de Obras Públicas (Anales) (Madrid)	1
Revista de Obras Públicas (Boletin) (Madrid)	52
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	52
Revista Tecnica (Buenos-Aires)	24
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista) (México)	6
Sociedad Cientifica Argentina (Anales) (Buenos Aires)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	12
EN HOLLANDAIS	
Ingenieur (De) (Orgaan Van het Kon. Instituut van Ingenieurs. — Der Vereeniging van Burgerlijke Ingenieurs) (La Haye)	52
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Notulen) (La Haye)	6
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye)	6
Nederlandsche Vereeniging voor Electrotechniek (s' Gravenhage)	2
EN HONGROIS	
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Heti Értesitöje) (Budapest)	36
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Közlönye) (Budapest)	24
EN ITALIEN	
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali) (Rendiconti) (Roma)	24
Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Milano)	1
Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna (Bollettino)	4
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino)	6
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)	2
Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti (Firenze)	2
Giornale del Genio Civile (Roma)	12
Industria (L') (Milano)	52
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino)	24
Istituto d'Incoroggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	1
Monitore Tecnico (Il) (Milano)	36
Politecnico (Il) (Milano)	12
Rivista Agricolo-Industriale (La) (Bollettino dell' Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Roma)	12
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Annuario)	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Programmi d'Insegnamento).	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma) . . .	6
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bullettino) (Roma)	52
EN NORVÉGIEN	
Teknisk Ugeblad (Kristiania).	52
EN POLONAIS	
Przeglad Techniczny (Warszawa).	52
EN PORTUGAIS	
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario)	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civil Portuguezes) (Lisboa)	6
Rivista Militar (Rio de Janeiro).	10
EN RUSSE	
Elektritchestvo (Saint-Pétersbourg)	24
Elektrotekhnitcheskii Viestnike (Saint-Pétersbourg)	36
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Svode Privilegii) (Saint-Pétersbourg).	12
Institouta Injeniérove Poutéi Soobchtchéniya Imperatora Aleksandra I (Sbornike) (Saint-Pétersbourg)	1
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (Saint-Pétersbourg) .	12
Stroïteli (Saint-Pétersbourg)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN SUÉDOIS	
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)	52
EN TCHÈQUE	
Spolku Architektův a Inženýrů v Království Českém (Zpravy) (Praze)	4
Technicky Obzor (Praze)	36

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 148-1-01. — (Encre Lorilleux).



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1901

N° 2

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de février 1901, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

FORTIER (S.). — *Duty of Water in the Gallatin Valley*, by Samuel Fortier (Reprinted from U. S. Department of Agriculture Office of Experiments Stations. Bulletin 86 The Use of Water Irrigation) (in-8°, 230 × 145 de 24 p.) (Don de l'auteur). 40652

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. Nos 1 and 2 (2 brochures in-8°, 235 × 180). Tokyo, 1897 et 1898. 40343 et 40644

Chemins de fer et Tramways.

Congrès international des chemins de fer. Sixième session. Paris, 1900. Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer. Question VIII. Conservation des bois. Exposé, par Vladimir Herzenstein (in-8°, 245 × 185 de 321 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40641

Sixth Annual Report of the Boston Transit Commission for the year ending August 15, 1900 (in-8°, 240 × 150 de 64 p. avec 26 pl.). Boston, Rockwell and Churchell Press, 1900. 40681

Chimie.

BRAUN (L.). — *La reproduction des dessins. Photographie industrielle*, par Louis Braun (Extrait du Bulletin Technologique n° 12, décembre 1900, de la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers) (in-8°, 220 × 135 de 20 p. avec 6 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40639

PECTOR (S.). — *Congrès international de Photographie tenu à Paris du 23 au 28 juillet 1900. Procès-verbaux sommaires*, par S. Pector (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 23 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40677

Construction des Machines.

Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering, 1900 (in-8°, 230 × 145 de 128 p. avec 19 pl.). Washington Government Printing Office, 1900. 40653

Catalogue général de la Maison A. Piat et ses fils, 85, 87, 94, rue Saint-Maur, Paris. Fonderies et ateliers de constructions Paris, Soissons, Roubaix. Fonderie spéciale à Soissons pour pièces à répétition et gros moulages. Spécialité de Transmissions. 9e édition, 1900 (in-8°, 225 × 140 de CXCVII-129-111-424-73-123-X pp.). Havre, A.-G. Lemale, 1900 (Don de M. A. Piat, M. de la S.). 40682

La Mécanique à l'Exposition de 1900. 6e livraison. 4e livraison dans l'ordre d'apparition. Les Pompes, par M. R. Masse (in-4°, 315 × 225, de 86 p. avec 143 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, Décembre 1900 (Don des Éditeurs). 40670

VOLCKERT (CH.). — *Moteur à gaz. Modèle démontable en carton avec description*, par Ch. Volckert (un vol. 245 × 355 de 11 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40646

Économie politique et sociale.

Annuaire-Chaix. Les principales Sociétés par actions. Compagnies de chemins de fer, Institutions de crédit, Banques, Sociétés minières, de transport, industrielles, Compagnies d'assurances, etc. Dixième année, 1901 (in-18, 180 × 120 de XV-597 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1901. 40633

Annuaire de l'Union nationale du Commerce et de l'Industrie et Annuaire des Chambres syndicales, 1900 (in-18, 180 × 115 de 343 p.). Paris, Hôtel des Chambres syndicales, 1900. 40638

Bulletin de la Société d'Économie politique. Année 1900 (in-8°, 255 × 165 de 270 p.). Paris, Guillaumin et C^le^. 40655

Noël (O.) et Bourdil (F.). — *Résumé du Cours d'Économie politique* professé à l'École des Hautes Études commerciales, par M. Octave Noël. Notes recueillies par Fernand Bourdil (in-18, 185 × 120 de 147 p.). Paris, A. Pedone (Don M. Bourdil, M. de la S.). 40680

Razous (P.) — *La Sécurité du travail dans l'industrie. Moyens préventifs contre les accidents d'usines et d'ateliers*, par Paul Razous (in-8°, 255 × 165 de 378 p. avec 222 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40661

Société de secours mutuels des employés et ouvriers de la Maison Piat, créée en 1850. Assemblée générale semestrielle du 25 mars 1900. Procès-verbal de la séance. Compte rendu de la fête du cinquantenaire de la Société et de la séance extraordinaire tenue le 7 octobre 1900. Allocutions et Discours (in-8°, 220 × 135 de 158 p.). Havre, Imprimerie du Commerce, 1900 (Don de M. A. Piat, M. de la S.). 40676

Électricité.

Le Volta. Annuaire de renseignements sur l'électricité et les industries annexes, 1900-1901. Préface de l'auteur. Préface de la 2e édition. par Camille Grollet. Préface de l'éditeur. Préface de la première édition par G.-E. Puel de Lobel (in-8°, 260 × 170 de CLXIII-2663-XXVIII p.). Paris, Société fermière des Annuaires, 1901. 40635

Petite Encyclopédie scientifique et industrielle publiée sous la direction de Henri de Graffigny. La Télégraphie sans fil (in-16, 180 × 130 de 160 p. avec 43 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40645

Syndicat professionnel des Usines d'Électricité. Annuaire 1901. 6e année (in-8°, 240 × 155 de 200 p.). Paris, Lefebvre-Ducrocq, 1901. 40654

Vivarez (H.). — *Les Phénomènes électriques et leurs applications. Étude historique, technique et économique des transformations de l'énergie électrique*, par Henry Vivarez (in-8°, 220 × 130 de VI-574 p. avec 254 fig. et 1 carte) (Bibliothèque technologique). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40651

Enseignement.

Congrès de sténographie de 1900. Méthode de l'enseignement ante-scolaire. E. Fortin-Hermann. De l'importance de la sténographie dans l'éducation du premier âge et dans l'instruction primaire (in-8°, 240 × 155 de 14 p.). Paris, Librairie de l'Enseignement ante-scolaire, 1901 (Don de M. E. Fortin-Hermann, M. de la S.). 40632

L'Enseignement technique en France. Étude publiée à l'occasion de l'Exposition de 1900. Tomes I à V (5 vol. in-8°, 250 × 160). (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Enseignement technique, du Personnel et de la Comptabilité). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de M. le Ministre du Commerce). 40656 à 40660

Géologie et Sciences naturelles diverses.

University of the State of New York. New York State Museum. Annual Report of the Regents. 49-3-1895; 50-2-1896; 51-1-1897; 51-2-1897 (2 vol. in-4°, 285 × 220, 2 vol. in-8°, 230 × 145). Albany, University of the State of New York, 1898, 1899. 40664 à 40667

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

CIOFALO (G.-M.). — *Bagni popolari pubblici ed Istituto idrojatrico.* Progetto dell' Ing^re^ Giuseppe Maria Ciofalo (in-8°, 265 × 185. de 22 p.). (Estratto del Collegio degli Ingegneri e Architetti in Napoli, Anno XVIII). Napoli, R. Pesole, 1900 (Don de l'auteur). 40662

Métallurgie et Mines.

BROUGH (B.-H.). — *A Treatise on Mine Surveying,* by Bennett H. Brough. Eight Edition revised (in-16, 205×130 de xvi-367 avec 102 fig.). London, Charles Griffin and Company, 1901 (Don de l'auteur). 40679

Statistique des houillères en France et en Belgique publiée sous la direction de M. Émile Delecroix. 15e année 1898, 16e année 1899; 17e année 1900 (3 vol. in-8°, 255 × 165). Lille, L. Danel, 1898-1900 (Don de M. Émile Delecroix). 40671 à 40673

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1899 et Résumé des Observations centralisées (Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de la Seine) (in-f°, 425 × 280 de 7 feuilles et in-8°, 265 × 170 de 56 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. Versailles, Aubert, 1900. 40674 et 40675

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1899. 2e volume. Navigation. Navigation internationale. Cabotage français et effectif de la Marine marchande (République Française. Direction générale des douanes) (in-f°, 365 × 270 de 454 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40650

U. S. Coast and Geodetic Survey. Geodesy. The Transcontinental Triangulation and the American arc of the Parallel. Special Publication n° 4 (in-4°, 295 × 215 de 871 p. avec 1 carte). Washington, Government Printing Office, 1900. 40668

Périodiques divers.

Annuaire pour l'an 1901 publié par le Bureau des Longitudes, avec des Notices scientifiques (in-18 de IV-636 p. avec annexes). Paris, Gauthier-Villars, 1901. 40649

L'Année scientifique et industrielle, fondée par Louis Figuier. *43e année 1899*, par Émile Gautier (in-16, 185 × 120 de XII-161 p. avec 87 fig.). Paris, Hachette et Cie, 1900. 40648

Paris-Hachette. Annuaire complet, commercial, administratif et mondain. 5e année 1901 (in-16 de 200-880-552-572-295-XXXIV p. avec 1 plan). Paris, Hachette et Cie, 1901. 40634

Physique.

Cours de Physique mathématique. Électricité et Optique. La lumière et les théories électrodynamiques. Leçons professées à la Sorbonne en 1888, 1890 et 1899, par H. Poincaré. Deuxième édition revue et complétée, par Jules Blondin et Eugène Néculcéa. (Cours de la Faculté des Sciences de Paris, publiés par l'Association amicale des Élèves et anciens Élèves de la Faculté des Sciences) (in-8°, 255 × 165 de x-641 p. avec 62 fig.). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1901 (Don des Éditeurs). 40637

Sciences mathématiques.

Congrès international des Méthodes d'essai des matériaux de construction tenu à Paris du 9 au 16 juillet 1900. Nécessité et avantages des Laboratoires d'essai annexées à la construction et à l'exploitation des chemins de fer. Rapport présenté par M. W. Herzenstein (in-4°, 325 × 210 de 14 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40642

Technologie générale.

3e Exposition internationale. Salon de l'Automobile du Cycle et des Sports. Janvier, Février 1901, organisé par l'Automobile Club de France. Grand Palais, Champs-Élysées. Catalogue officiel (in-16, 185×120 de 215 p.). Paris, Hôtel de l'Automobile Club de France, 1901. 40669

Exposition universelle de 1900. Compte rendu des Travaux des Comités d'installation des classes 76 et 77, par M. Édouard Simon (in-8°, 240 × 155 de 10 p.). Paris, Chaix, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40678

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LVIII, 1900. N° 2 (in-8°, 220 × 140 de XII-656 p. avec 25 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1900. 40647

University of the State of New York. New York State Library. 81 st. Annual Report 1898 (in-8°, 235 × 150 de 576-237 p. et pages 123-145). Albany, University of the State of New York, 1899. 40663

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. Mémoires et documents. 7e série. 10e année 1900. 3e trimestre (in-8°, 230 × 140 de 424 p. avec pl. 19 à 22). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900. **40631**

Belelubsky (N.). — *Les Ciments*, par M. le Professeur N. Belelubsky (Extrait de : Russie à la fin du xixe siècle) (in-8°, 240 × 155 de 7 p.) (Don de l'auteur, M. de la S.). **40640**

Chambres syndicales de la Ville de Paris et du département de la Seine. Industrie et Bâtiment 3, rue de Lutèce (Cité). Congrès national des Entrepreneurs de bâtiment et de travaux publics de France au Conservatoire des Arts et Métiers, 25-26-27 Septembre 1900. Rapports présentés au Congrès. Compte rendu des séances du Congrès. Vœux exprimés (in-4°, 260 × 210 de 168 p.). Paris, Imprimerie des Chambres syndicales de l'Industrie et du Bâtiment, 1900. **40630**

Prominint Buildings. Erected by George A. Fuller Company general Contractors (Album 350 × 280 de 58 pl.). (Don de M. Andrew D. Fuller, M. de la S.). **40636**

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Sont admis comme Membres Sociétaires MM. :

R.-M. DE AROZARENA,	présenté par MM.	Pontzen, de Dax, Salazar.
E. CHARLOT,	—	Chassin, Guillomot, Sautter.
E. DEMENGE,	—	Couriot, de Chasseloup-Laubat, Cornuault.
A.-N.-B. DUMEZ,	—	Manaut, Roman, Simonot.
A. GONZALEZ,	—	Ch. Baudry, Agote, Béranger.
J. GUILLON,	—	J. Fleury, Stilmant, Liernur.
H.-P. HARDY,	—	E. Hardy, Maurel, Pourcel.
R. VON HELMHOLTZ.	—	Ch. Baudry, Brunner, A. Mallet.
E. HENRY,	—	Buquet, Couvreur, Mitarnowski.
H. KIENTZY,	—	Braith de la Mathe, D. A. Casalonga, A. Imbert.
J.-J. LAVOLLAY,	—	Level, Franck, J. Michaut.
H. MARQUISAN,	—	Baudry, Anthoine, Cornuault.
F. MAST,	—	Dumontant, Falgairolle, Fauquier.
N. PIATNITSKY,	—	Belelusky, Pastakoff, de Timonoff.

Comme Membres Associés MM. :

P.-L. GOBERT,	présenté par MM.	Delphieu, Pozzy.
Ch.-M. PELLETIER,	—	Baudry, Lencauchez, de Richemont.
G. VULLIET-DURAND,	—	Chassevent, Hignette, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1901

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er FÉVRIER 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 9 heures.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. G. Forestier, inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre honoraire de la Société, prend place au Bureau.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

MM. L. Astruc, ancien élève de l'École Centrale (1882), Membre de la Société depuis 1891, maître de forges ;

P. Chalmeton, Membre de la Société depuis 1875, ancien directeur de la Société des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Denain et d'Anzin, Chevalier de la Légion d'honneur ;

M. L.-J. Maglin, ancien élève de l'École Centrale (1881), Membre de la Société depuis 1895, Répétiteur à l'École Centrale, Arbitre rapporteur au Tribunal de Commerce de la Seine, Ingénieur civil.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société les décorations, nominations et récompenses suivantes :

M. le professeur Belelubsky vient d'être nommé Commandeur de la Légion d'honneur ;

M. le professeur Belelubsky, qui est Membre Honoraire et Correspondant de notre Société, est bien connu de nous. Il a été le représentant de la Russie au moment des différentes solennités de notre Société : réceptions de 1889, inauguration de l'Hôtel, cinquantenaire et réceptions de la Dernière Exposition universelle.

En outre, plusieurs de nos Collègues ont été nommés Chevaliers de la Légion d'honneur, ce sont : MM. L. Eyrolles, M. Michon. L.-J. Miguet, E.-A. Simoneton, A.-E. Simon.

M. A. Chelu-Bey a été nommé Commandeur de l'Ordre impérial de l'Osmanieh et récemment élevé au grade de Bey Moutamaiz.

MM. H. Couriot, F. Delmas, L. Duvignau de Lanneau, H. Fontaine, A. Liébaut, J. Mesureur, E. Quenay, F. Reymond, ont été nommés Membres du Conseil supérieur de l'Enseignement technique.

M. C. Canovetti a reçu de la Société industrielle du Nord de la France, une médaille d'argent et a été nommé Membre de la Commission permanente internationale (pour l'Italie) instituée par le Congrès d'Aéronautique.

M. le Président adresse à tous ces collègues les félicitations de la Société.

M. le Président signale une erreur d'impression qui s'est glissée dans le procès-verbal de la séance du 5 Octobre 1900 ainsi que dans la table des matières des Procès-Verbaux de l'année écoulée.

Aux décorations, comme Chevaliers de la Légion d'honneur, il y a : « A. Deutsch (de la Meurthe) », il faut lire : « E. Deutsch (de la Meurthe) ».

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. le Président dit qu'à la suite de diverses demandes qui lui ont été adressées, des démarches ont été faites auprès de l'Automobile Club et de M. Rives, Commissaire général de l'Exposition d'automobiles pour organiser, si possible, une ou deux conférences-visites pour les Membres de la Société.

M. Rives n'a pu encore nous donner une réponse définitive, mais il est fort probable que ces conférences auront lieu dans l'une des matinées de jeudi, vendredi ou samedi de la semaine prochaine.

Une circulaire fera connaître aux Membres de la Société le jour et l'heure des conférences aussitôt que nous serons fixés.

M. le Président dit que, par suite d'une modification due à l'état de santé de l'un des Conférenciers, l'ordre du jour de la séance de ce soir est le suivant :

Communication par M. G. Forestier, du rapport de M. G. de Chasseloup-Laubat, sur *l'Etat actuel de la locomotion mécanique sur route.*

Communication de M. H.-J. Delaunay, sur *le Canal des Pangalanes Madagascar)* (avec projections).

Avant de donner la parole à M. l'Inspecteur général Forestier, le Président tient à le remercier, au nom de la Société, d'avoir bien voulu, malgré son état de santé, nous faire ce soir une des deux communications pour lesquelles il était inscrit.

M. G. Forestier présente la communication de M. G. de Chasseloup Laubat sur *l'État actuel de la locomotion mécanique sur route.*

Pour donner une idée nette du développement actuel de l'Industrie automobile, l'auteur a choisi la description de la voiture de course, qui est le type de la voiture de demain; en effet, c'est sur la voiture de course qu'on applique les perfectionnements aussi bien que les simplifications reconnus utiles par les *Rois de la route.* Les qualités essentielles de la voiture de course sont la solidité pour résister à une grande vitesse, en même temps que la simplicité pour réduire au minimum les chances d'avaries et la durée des réparations éventuelles.

Pour donner une idée de la quasi-unification des types de voitures de course chez les divers grands constructeurs, M. G. Forestier passe en revue toutes les parties de la voiture automobile du dernier type de course en donnant les principaux chiffres qu'on extrait des rapports officiels des épreuves organisées depuis sa création par l'Automobile-Club de France. Par exemple, l'empattement des châssis était de :

1,300 *m*	en	1893, Paris-Bordeaux.
1,700	—	1896, Paris-Marseille.
1,800	—	1898, Paris-Amsterdam.
2,000	—	1899, Tour de France.
2,250	—	1900, Paris-Toulouse.

et l'on sait que l'empattement est un des grands facteurs de la fixité de la direction.

Une étude succincte est faite des châssis, des roues, des freins, de la direction, des moteurs et des transmissions du mouvement, et pour chaque partie de la voiture M. Forestier indique d'un mot les opinions émises par chacun et les solutions que la pratique a révélées les meilleures.

Après cette étude analytique de la voiture de course, M. G. Forestier a indiqué la marche progressive qu'ont suivi les voitures en même temps que l'accroissement des puissances des moteurs. Au sujet de ces derniers, il a donné, pour les deux moteurs les plus connus, les chiffres successifs de chaque année.

Années	Moteur de Dion-Bouton	Moteur Phœnix
1895	1/2 et 3/4 *ch.*	4 *ch.*
1896	1 ch.	6 *ch.*, 8 ch. non équilibrés.
1897	1 1/4 *ch.*	6 *ch.*, Paris-Dieppe.
1898	1 3/4 *ch.*	8 *ch.* équilibrés.
1899	2 1/4, 2 3/4, 3 1/4 *ch.*	12 *ch.*, 16 *ch.*
1900	6 et 8 *ch.*	20 *ch.*

En terminant, M. Forestier a signalé l'importance des enseignements que les constructeurs peuvent tirer des grandes épreuves sur routes, quoi qu'en disent certains ; et prenant comme exemple la grande course organisée pour l'Exposition universelle de 1900 sur Paris-Toulouse-Paris, 1.422 *km* en 3 étapes, il montre que la voiture du premier, Levegh, a fait les diverses étapes du trajet avec des vitesses moyennes de 66,2, 63,6 et 63,3 *km* à l'heure ; le poids en charge était de 1.413 *kg.*

La voiture du deuxième, Pinson, qui était justement celle de M. G. de Chasseloup-Laubat, a obtenu les vitesses moyennes de 55,3, 65,4 et 69,8 *km* à l'heure, poids en charge 1.300 *kg*; cet exemple montre donc combien l'habileté et la science du conducteur sont un facteur important de la réussite en course, et on peut dire que les deux grandes maisons françaises qui ont triomphé dans cette course ont dû leur popularité à l'habileté de leurs conducteurs, mais plus encore aux perfectionnements progressifs qu'ils ont déduits des enseignements des courses sur routes à longue distance.

M. le Président adresse ses félicitations à notre collègue M. l'inspecteur général Forestier pour la part personnelle qu'il a apportée au travail de M. G. de Chasseloup-Laubat, auquel il le prie de transmettre ses remerciements. Il annonce la deuxième communication de M. Forestier pour la prochaine séance.

M. le Président donne la parole à M. Delaunay pour sa communication sur le *Canal des Pangalanes* à Madagascar.

M. J.-H. Delaunay rappelle que, dans la séance du 4 mai dernier, M. Marié, au nom de la Commission des Études coloniales, a fait à la Société, en présence du général Galliéni et du colonel Roques, une étude sur les voies de communication à Madagascar. Il rappelle que le tracé de Tananarive à Tamatave se divise en deux parties distinctes : un chemin de fer à voie de 1 *m* entre Tananarive et la côte, et le canal des Pangalanes, qui complète cette voie et l'amène à Tamatave, port de la côte Est.

Notre Collègue indique d'abord la constitution de la côte Est, dont toutes les baies ont été comblées par les apports de sable de l'Océan, ce qui donne au rivage cette forme caractéristique droite, sans aucun abri pour la navigation, sauf à Tamatave, dont le port est dessiné par des coraux sous-marins. En arrière de cette ligne de dunes s'est formée une succession de lacs côtiers pour recevoir les rivières. Avec leurs canaux d'écoulement, ces lacs constituent un canal presque continu, coupé par des seuils appelés *les Pangalanes*. M. Delaunay décrit le tracé du canal et les travaux qu'il a fallu entreprendre pour rendre cette ligne de navigation praticable aux vapeurs ; des projections très intéressantes montrent ces travaux et l'aspect du pays, en particulier les coupures des pangalanes. Le canal, percé aujourd'hui, reçoit à sa tête sud le trafic de la route carrossable de Tananarive, et le terminus du chemin de fer à Anivorano, pour le porter à Tamatave. Ce trafic, qui était estimé à 14.000 *t* tant pour l'importation que pour l'exportation, sera probablement doublé par les transports du matériel et de matériaux du chemin de fer.

Notre Collègue termine en faisant remarquer que le canal, en utilisant des voies créées par la nature, rend immédiatement possible la construction du chemin de fer de Tananarive, procure à la Colonie une économie de près de 20 millions sur le chemin de fer, et avance beaucoup la mise en exploitation de notre belle Colonie.

M. le Président adresse ses remerciements à M. Delaunay, et lui demande quelques renseignements complémentaires, notamment sur

les considérations qui ont conduit à arrêter le canal à 11 *km* de Tamatave, et à le relier à ce port par un petit chemin de fer, ce qui paraît multiplier outre mesure les transbordements.

M. Delaunay dit que le prolongement du canal a été ajourné par économie.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. R.-M. de Arozarena, E. Demenge, H.-P. Hardy, H. Kientzy, H. Marquisan, comme Membres Sociétaires ;

Et de MM. P.-L. Gobert, Ch. M. Pelletier et Vulliet-Durand comme Membres Associés ;

MM. Ch. H. Morgan, The Hon. Parsons, Sir Roberts-Austen, sont reçus Membres Honoraires ;

Et MM. E. Charlot, A. Dumez, A. Gonzalez, J. Guillon, R. von Helmholtz, E. Henry, J. Lavollay, F. Mast, N. Piatnitsky, sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 FÉVRIER 1901

Présidence de M. J. Mesureur, Vice-Président

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

MM. G. Forestier, Ricourt et Bertin prennent place au Bureau.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président annonce que notre Président M. Ch. Baudry est légèrement grippé, ce qui l'a empêché de présider la séance.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès d'un Ingénieur qui ne faisait pas partie de la Société des Ingénieurs Civils de France mais qui n'en est pas moins connu de beaucoup d'entre nous ; c'est celui de M. J. Tideman, Secrétaire honoraire de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais.

Ceux de nos Collègues qui ont pris part aux voyages organisés par la Société en Hollande ont pu apprécier la façon toute cordiale avec laquelle ils ont été reçus par l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais

et aussi le dévouement avec lequel le Secrétaire de cet Institut, qui était à cette époque M. Tideman, s'était mis à leur disposition pour leur rendre leur séjour en Hollande aussi utile qu'agréable.

M. le Président est certain d'être l'interprète des sentiments de la Société en adressant à M[me] V[ve] Tideman et à sa famille l'expression des profonds regrets que nous a causés la perte cruelle qu'ils viennent d'éprouver.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société les distinctions honorifiques accordées à un certain nombre de nos Collègues.

Ont été nommés :

Chevalier de la Légion d'Honneur : M. Boghos-Pacha Nubar ;

Officiers de l'Instruction publique : MM. R. de Batz, A. Bloche, P. Buquet, J. Carpentier, A. Deghilage, J.-H. Digeon, H. Farjas, A. de Gennes, A. Gerbold, E. Madelaine, Ch. Mardelet, S. Merzbach, Ch. Zetter ;

Officiers d'Académie : MM. A. Barbou, L. Baudet, R. de Blottefière, A. Boyer-Guillon, A. Brice, A. Chertemps, E. Chouanard. A. Clerc, L. Decléty, M. Degeorge, E.-L. Deharme, L. Delloye, A. Dumesnil, P. Edelmann, F. Eissen, H. Faucher, P.-L.-J. Faure-Beaulieu, A. Fayolle, L.-E. Gaumont, F.-P.-E. Geoffroy, P.-J. Grouvelle, V. Gueldry, P. Hamet, J. Haour, R.-J.-P.-M. Henry-Coüannier, H. Hervegh, J. Heurtematte, E. Jouan, A.-L.-L. Lebon, J. Leduc, Ch. Legras, Ed. Lelaurin, L.-M.-F. Leudet, J.-C.-A. Levesque, P.-M. Mailly, I. Manoach, F. Marboutin, J.-E. Maurer, Ch. M. Mazoyer, J.-F. Pillet, Pierre Rey, G.-H. Risler, H. Sauvinet, G. Tourin, P. Vincey.

Chevalier du Mérite agricole : MM. C. Durey-Sohy et Ch. Michel.

Commandeur de l'Ordre impérial du Medjidieh : M. J. Périchon-Bey.

Officier de l'Ordre du Nicham-el-Anouar : M. P. Regnard.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçues depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain bulletin.

Parmi ces ouvrages sont à signaler plus spécialement :

1° *La Statistique des Houillères en France et en Belgique pour les années 1898, 1899 et 1900*, par M. Émile Delecroix.

2° Un ouvrage en anglais intitulé *A Treatise on Mine Surveying* by Bennett H. Brough, Secretary of Iron and Steel Institute.

M. le Président donne la parole à M. G. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre honoraire de la Société, pour sa communication sur le *Compte rendu des Concours de motocycles, voiturettes et voitures de tourisme de l'Exposition Universelle de 1900*.

M. G. Forestier rappelle que l'Exposition universelle de 1900 a institué des concours internationaux de sport et d'exercices physiques dans la septième catégorie desquels étaient classés les concours d'automobiles.

Ceux-ci, organisés par l'Automobile-Club de France, ont compris un assez grand nombre d'épreuves. M. Forestier rend compte des résultats des concours de motocycles, voiturettes et voitures de tourisme, réservant pour la prochaine séance les résultats du concours de véhicules industriels.

1° Concours de Motocycles. — Dans ce concours, qui a eu lieu sur la piste du lac Daumesnil, les machines qui ont été présentées ont été classées en trois catégories : d'abord les motocyclettes ou machines à deux roues, ensuite les tricycles, enfin les quadricycles.

Les récompenses décernées ont été les suivantes : Médailles d'or : Werner, Rochet Petit; médailles d'argent : Créanche, Renaux; médaille de bronze : Luc.

2° Concours des voiturettes. — Ce concours, qui a comporté 815 *km* sur routes et 34,500 *km* sur la piste du lac Daumesnil, a montré l'endurance de ces petits véhicules et a permis de se rendre compte des mérites respectifs des moteurs à refroidissement d'eau et à refroidissement par ailettes.

Il y avait deux catégories de véhicules; ceux qui, à vide, pesaient moins de 250 *kg* et ceux qui pesaient de 250 à 400 *kg*.

Dans la première catégorie la médaille d'or a été décernée à la voiturette Gladiator; la médaille de vermeil à la voiturette G. Richard dont les consommations ont été respectivement de 0,057 *l* et 0,084 *l* par voiture kilomètre.

Dans la deuxième catégorie la médaille d'or a été décernée à MM. Renault frères, consommation : 0,08 *l* par voiture-kilomètre, une médaille de vermeil à M. Outhenin Chalandre (système de Dion-Bouton) avec 0,078 *l* par voiture-kilomètre, des médailles d'argent ont été attribuées à M. Hanzer et M. Fernandez (la Sirène) et une médaille de bronze à M. Créanche.

3° Concours de Voitures de tourisme. — Ce concours a comporté 815 *km* sur routes et 34,500 *km* sur la piste du Lac Daumesnil.

Les voitures ont été partagées en quatre catégories, selon qu'elles étaient à deux places, quatre places, six places ou au-dessus.

I-Médaille d'or : système Peugeot;
Médaille de vermeil : système Delahaye;
Médailles d'argent : systèmes Rochet et Serpollet;
Médailles de bronze : systèmes de Riancey et Penault;

II-Médailles d'or : systèmes Delahaye et de Dietrich;
Médailles de vermeil : systèmes Brouhot et Hurtu;
Médailles d'argent : systèmes Bardon, G. Richard et Serpollet.
Médailles de bronze : systèmes de la Société d'Anzin;
Hors concours : systèmes Gobron-Brillié, Panhard-Levassor et Chaboche;

III-Médailles d'or : systèmes Panhard-Levassor 8 *ch*;
Médaille de vermeil : système Brouhot;
Médaille d'argent : système Delahaye:

IV-Médaille de vermeil : omnibus Panhard-Levassor 12 *ch*.

M. G. Forestier termine en exprimant le regret de n'avoir pas vu aux concours de l'Exposition les voitures mixtes à pétrole et électriques dont il existe plusieurs systèmes qu'il eût été intéressant de pouvoir signaler.

M. le Président adresse à M. G. Forestier les remerciements de la Société tant pour sa communication de ce soir que pour l'intéressante et agréable conférence-visite qu'il a bien voulu faire et guider la semaine dernière à l'Exposition du Grand Palais.

M. le Président donne la parole à M. F. Marboutin pour sa communication sur *Une nouvelle méthode d'étude des sources.*

La première partie de la communication de M. F. Marboutin est relative à l'historique des modes d'études permettant d'apprécier la qualité des eaux d'alimentation.

L'étude des eaux de source a été pendant longtemps le domaine exclusif du chimiste; la découverte du monde microbien, en montrant la nocivité d'une eau agréable à nos sens et que la chimie déclarait satisfaisante, a modifié profondément la manière d'apprécier les eaux d'alimentation, et on a attaché aux bactéries une importance prépondérante ; mais il n'est pas suffisant de compter le nombre de microbes par centimètre cube pour se prononcer sur la qualité des eaux destinées à l'alimentation.

En réalité, il faut tout à la fois faire appel aux connaissances chimiques, bactériologiques, géologiques et médicales.

Un élément nouveau est, en effet, venu prendre une place importante dans l'appréciation des eaux potables. Cet élément, qu'on peut appeler *historique*, a pour but de faire connaître le trajet parcouru par les molécules d'eau avant leur arrivée aux sources et les causes de pollution que les molécules peuvent rencontrer.

Le périmètre d'alimentation et la manière dont la nappe souterraine reçoit les eaux pluviales dans ce périmètre et dont ces eaux se propagent dans le sous-sol, sont les premiers éléments à déterminer.

Les causes de pollution existant dans ce périmètre et leur influence sur la nature des eaux forment une suite naturelle aux études précédentes.

Mais il faut encore être édifié sur la nature des pollutions que l'on peut rencontrer et connaître la valeur de l'épuration terrienne.

C'est cet ensemble d'études diverses qui paraît nécessaire aujourd'hui pour se prononcer sur la qualité des eaux de source, à la suite des travaux de la Commission scientifique de perfectionnement de l'observatoire municipal de Montsouris qu'a nommée M. le Préfet de la Seine en mars 1899.

M. Marboutin passe ensuite à la seconde partie de sa communication et expose la méthode qu'il a proposée et suivie au cours des études qu'il a eues à faire comme sous-chef du service chimique de l'observatoire municipal de Montsouris que dirige M. Albert Lévy.

Cette méthode a pour but d'étudier une partie des questions qui viennent d'être citées, à savoir :

Le périmètre d'alimentation, la manière dont la nappe souterraine

reçoit les eaux pluviales et la manière dont ces eaux se propagent dans le sous-sol, c'est-à-dire, en résumé, les trajectoires des molécules d'eau arrivant aux sources.

La méthode est basée sur l'emploi des matières colorantes et spécialement de la fluorescéine. Jusqu'ici la fluorescéine avait été employée pour montrer les communications qui existent entre les sources et les pertes d'un ruisseau ou d'une rivière. La méthode actuelle permet de suivre les molécules d'eau colorées et de tracer des courbes qui sont le lieu des points tels que les molécules d'eau partant d'une origine déterminée arrivent sur la courbe au bout d'un même temps. Ces courbes, que M. L. Janet, ingénieur en chef au corps des mines, a proposé d'appeler isochronochromatiques, représentent la propagation des molécules d'eau colorées dans la nappe souterraine comme les courbes de niveau représentent les pentes.

Les courbes isochronochromatiques mettent ainsi en évidence les régions stagnantes et les lignes de plus grande propagation qui peuvent avoir une importance considérable au point de vue de l'hygiène.

Le mode opératoire est assez délicat, mais il est des plus simples.

On verse en un point de la nappe souterraine à étudier une certaine quantité de solution de fluorescéine et en même temps un volume d'eau suffisant pour créer une surélévation de niveau piézométrique en ce point. On fait exécuter des prélèvements d'échantillons d'eau dans tous les puits ou sources de la région en opérant par zones concentriques. Ces prélèvements doivent être faits d'heure en heure.

On note l'heure et la durée de la coloration, ainsi que la couleur propre de l'eau et son état de limpidité. On déplace les agents chargés du prélèvement, au fur et à mesure de l'avancement de la fluorescéine, en se basant sur les vitesses observées dans les premiers postes d'observation. Cette vitesse est très variable ; elle a oscillé, dans les expériences en question, entre 47 *m* et 600 *m* à l'heure ; la vitesse la plus habituellement observée dans la craie est de 120 à 150 *m* à l'heure.

La plupart des puits de la région où l'on opère sont atteints dans ces expériences ; c'est pour cela qu'elles sont très délicates à exécuter. Si en effet la fluorescéine était en quantité suffisante pour être visible à l'œil nu, il en résulterait de graves inconvénients ; c'est pourquoi on a employé la fluorescéine en quantité extrêmement faible ; la coloration échappe à l'œil nu, mais devient très nettement perceptible au moyen d'un appareil appelé le fluoroscope.

Une solution de fluorescéine au 1/10 000 000 a encore une coloration appréciable à l'œil nu. M. Trillat a montré qu'en examinant une solution de fluorescéine dans un tube de verre bouché à une extrémité par un bouchon de liège noirci, on pouvait encore découvrir 1/2 000 000 000 de fluorescéine dans l'eau.

M. Marboutin a réussi, avec M. Molinié, chimiste à l'observatoire municipal de Montsouris, à déceler la fluorescéine au 1/10 000 000 000, en remplaçant le bouchon de liège de M. Trillat par un bouchon de caoutchouc noirci à la plombagine qui donne un noir très mat.

Le fluoroscope se compose de 12 tubes maintenus verticalement par

trois pièces de bois, dont deux se fixent sur les côtés latéraux de la caisse d'emballage, le troisième se fixant sur les deux premiers et formant un support pour les 12 tubes. C'est donc un appareil très facile à porter avec soi et à monter.

La quantité de fluorescéine à verser dans chaque expérience est très variable; M. Marboutin n'a jamais employé plus de 1 *kg* et souvent 300 *g* seulement; il verse la solution qui contient 100 *g* par litre d'une manière aussi continue que possible.

La quantité doit naturellement être en rapport avec l'importance de la nappe et l'éloignement des points extrêmes que l'on peut avoir à examiner; elle est calculée de telle façon que la nappe en reçoive une quantité comprise entre 1/10 000 000 et 1/10 000 000 000. Il est bon de prolonger le jet une heure au moins, quelquefois deux, et même trois heures.

L'expérience étant faite en tous les points où les eaux se perdent naturellement, soit dans un lit poreux, soit dans un bétoire, soit dans un puisard, on arrive à déterminer la limite du bassin d'alimentation et, par suite, son périmètre.

Dans ce périmètre, il y aura lieu d'étudier de la même manière les eaux perdues dans les puisards, les abimes, et, d'une manière spéciale, toutes les eaux polluées, à s'assurer de l'étanchéité des fosses d'aisance, etc.

Ces éléments déterminés une fois pour toutes, il y a lieu d'exercer une surveillance journalière sur la zone d'alimentation ainsi déterminé, dans le but de connaître les points qui peuvent recevoir des germes dangereux et, en particulier, le bacille typhique; c'est là une partie médicale qui sort du domaine de l'Ingénieur.

Chaque fois qu'un cas de fièvre typhoïde se produira, il y aura lieu d'examiner, dans la zone avoisinante, quelles sont les communications possibles de la nappe avec les eaux superficielles. Ces communications établies, on se demandera quelle est la valeur de la filtration par la couche terrestre que traversent les eaux. Pour cela, on peut verser des germes, tels que des levures, aux points où la nappe reçoit les eaux superficielles et examiner s'ils arrivent aux sources.

Cette méthode est, au point de vue de l'art de l'Ingénieur, susceptible d'applications diverses, notamment pour fixer l'emplacement des drainages à faire dans les terrains irrigués, et peut-être pour étudier les eaux de mines et certains gisements tels que ceux des eaux minérales et des pétroles.

Dans la troisième partie de sa communication, où sont exposées les conclusions à tirer des données que fournissent la chimie et la bactériologie, M. Marboutin insiste sur le point suivant : certains éléments, bien choisis, peuvent fournir des indications utiles, non par leur valeur absolue, mais par leurs variations; car, si ces éléments ont varié, la qualité de l'eau a varié également et une contamination accidentelle a pu se produire et apporter un germe dangereux.

M. le Président remercie M. Marboutin de la très savante communication qu'il vient de faire à notre Société sur un point tout spécial de la question des eaux alimentaires.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. F. Brusch, J. Carlioz, Ch. Iung, H. Fiévet, H. Jeanin, E. Le Blant, J. Oudet, J. Quost, J. de Traz, O. Wildt, comme Membres Sociétaires :

et de MM. A. Ch. Lemaréchal et P.-M. Lemaréchal, comme Membres Associés ;

MM. R. de Arozarena, E. Demenge, H.-P. Hardy, H. Kientzy, H. Marquisan sont reçus Membres Sociétaires ;

et MM. P.-L. Góbert, Ch. Pelletier et G. Vulliet-Durand sont reçus Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

LE CANAL DES PANGALANES [1]

(MADAGASCAR)

PAR

M. J.-H. DELAUNAY

Le 4 mai de l'année dernière, M. Marié, au nom de la Commission des Études coloniales, faisait à la Société une très intéressante communication sur les moyens de transports projetés pour Madasgascar.

Assistaient à la séance : M. le général Galliéni, auquel nous devons l'occupation définitive de la grande île et qui, fort habilement, a entrepris sa mise en valeur, et M. le lieutenant-colonel Roques, auteur des projets des lignes de communication actuellement en exécution.

Les solutions adoptées par ces deux éminents personnages ont été fort discutées, parce que, toujours, une solution quelconque d'un problème aussi important lèse certains intérêts contraires. On demandait pourquoi partir de Tamatave et non de Majunga, plus près de la route d'Europe, qui aussi prônait son port et demandait le chemin de fer vers Tananarive. Mais, en étudiant de plus près la question, on se convainc facilement que l'Administration de la colonie s'est arrêtée au seul programme pouvant donner économiquement la solution la plus immédiate; celle qui consiste à relier la capitale, Tananarive, au port le plus rapproché, en utilisant le canal des Pangalanes, par le chemin de fer vers la côte Est, réduit à un développement de 245 *km*.

Le canal des Pangalanes, première partie de cette voie de communication, destinée à mettre l'Emyrne en relation directe avec un port de mer, est aujourd'hui un fait à peu près accompli et, dans peu de jours, on pourra se rendre de Tamatave à Anivaro, tête de ligne du chemin de fer en exécution, en parcourant ces 130 *km* entre le lever et le coucher du soleil, par un service de batellerie très confortable.

Cette question de la communication entre la capitale de l'Emyrne, Tananarive et la mer, est dominée par un fait géologique qui imposait la solution.

(1) Voir planche 5.

L'île de Madagascar, à l'Est de l'Afrique, est d'une superficie plus grande que la France. Elle a été produite par un seul soulèvement; c'est un plissement de l'écorce terrestre formé de plusieurs chaînes parallèles ayant la même direction que la dorsale africaine et l'Oural, auquel certains géologues la rattachent. L'axe de l'île a la direction N.-N.-E.-S.-S.-O. C'est une ligne droite qui s'élève en certains points à 2 et 3 000 *m* au-dessus du niveau de la mer, d'une longueur de 13°, du 13e au 26e de latitude sud, soit 1 440 *km*. Le versant ouest, tourné vers le canal de Mozambique, est à pentes douces, se terminant en de vastes plaines d'alluvion; le versant de l'Est, au contraire, est à pentes très fortes, car c'est à peine si 100 *km* s'étendent entre le rivage et les hauts sommets de la dorsale. Dans ces conditions topographiques, deux seuls courants de vents sont possibles, ceux du N.-E. venant de l'équateur ou ceux du S.-O. venant du pôle. Ils déterminent la climatologie. Les courants marins suivent les mêmes directions. Ceux du N.-E., après avoir balayé l'Océan Indien, ont apporté des masses de sable fin qui se sont accumulées dans les estuaires des fleuves, les anses, les baies, et les ont comblées. Puis le courant, suivant la direction immuable, a coupé ces atterrissements en une ligne droite presque sans inflexion, parallèle à la ligne de faîte. Il en est résulté cette configuration très caractéristique de la côte Est de Madagascar, une grande ligne droite de 10°. Une seule baie a été épargnée dans le Nord, celle d'Antongil; son ouverture, tournée vers le S.-E., ne permettait pas aux sables d'y pénétrer. On pourrait, dans cette baie bien abritée, créer un port très sûr, mais elle est trop éloignée du centre de l'île et des intérêts à desservir immédiatement.

Plus au Sud, plus près du Centre et des intérêts généraux, à Tamatave, des bancs de coraux ont arrêté les sables en une sorte de promontoire qui a offert à la navigation un certain abri. Les navires ont pu s'y arrêter, une ville s'est développée, un port était créé, le port de la côte Est.

Les bancs de coraux sous-marins y dessinent commes des fondations de jetées et il sera possible, sans de trop grandes dépenses, d'y faire un bon port. En ce moment, il n'est pas un port excellent, mais il a au moins cette qualité, il existe, et on est forcé de le prendre, tel qu'il est, comme tête de ligne de toutes les voies de communication vers l'intérieur.

Sur le reste de la côte, la dune a tout envahi, la plage est

droite comme notre plage des Landes; aucun arrêt n'est possible pour la navigation.

Les sables soulevés par les vents ont formé des dunes sur le terrain gagné, mais les fleuves, apportant les eaux des montagnes, se sont défendus contre les apports continuels de la mer, et il s'est créé, derrière la ligne des dunes, une série de bassins lacustres. Les fleuves les plus importants ont pu conserver une embouchure plus ou moins rétrécie et obstruée par une barre de sable ou de coraux qui en rendent l'accès difficile, même aux petits navires. Les rivières moins fortes se sont réunies dans des lacs qui déversent leur trop-plein dans la mer par des chenaux à embouchures intermittentes que dans le pays on appelle *Vinany*. Ces chenaux d'écoulement et ces vinanys présentent cette particularité qu'ils sont constamment rejetés vers le Sud, parce que les sables étant apportés du Nord, c'est le côté Sud qui est rongé pendant que le côté Nord est envahi; les canaux d'écoulement des lacs sont maintenant parallèles à la mer sur la plus grande partie de leur cours, et les embouchures de ces canaux portées aux extrêmes limites Sud de leur bassin.

Ces bassins lacustres sont séparés par des seuils plus ou moins élevés que, dans le langage du pays, on désigne sous le nom de Pangalanes, seuls obstacles que les indigènes rencontraient dans leur navigation intérieure et qu'ils traversaient en traînant leurs pirogues à bras sur le terrain.

L'idée vint donc, même depuis le temps des Hovas, de percer ces Pangalanes pour rendre la navigation continue sur une longueur de plus de 300 *km* de côte. Cette idée de percer les Pangalanes est la conséquence forcée de la presque impossibilité d'un cabotage sur cette côte, sans aucun abri utilisable pour la navigation.

On a bien proposé d'améliorer les embouchures des fleuves pour rendre possible l'accès des bassins intérieurs que l'on trouve généralement près de toutes les embouchures. Mais il n'est pas certain que ce travail de dragage des barres se conserve longtemps, car on a vu par un changement de direction des vents, se former, en quelques heures, dans les vinanys, des dunes de plusieurs mètres de hauteur, et rien ne dit que, si les barres étaient coupées, le sable ne serait pas rapporté dans une seule marée. La situation actuelle est un état d'équilibre entre l'apport de sable et la force des courants du fleuve dans une section restreinte, et il est difficile de changer ces conditions.

Nous avons voulu ouvrir par nos ouvriers un de ces vinanys, mettre le lac intérieur en communication avec la mer à un moment où l'ouverture était fermée; nous avions réussi, mais le vent du N.-E. ayant tourné au S.-O., contrariant le courant, en peu d'heures, toute l'ouverture a été bouchée, comblée.

Ce canal des Pangalanes était donc indispensable, et son creusement fort avancé, quand l'Administration entreprit les études du chemin de fer de Tamatave à Tananarive. Elle a été forcément amenée à suivre la direction générale de la piste des Hovas et de descendre à la mer jusque dans le voisinage du canal. Tous les autres tracés directs durent être abandonnés à cause des travaux trop considérables qu'ils exigeaient, ce qui prouve, une fois de plus, que l'instinct des peuples primitifs leur a toujours fait suivre, non pas le chemin le plus court, mais le plus facile, et nous ne faisons aujourd'hui qu'améliorer ces premières pistes. Arrivé dans le bassin desservi par le canal, la question s'est posée : faire un chemin de fer parallèle, non sans de sérieuses difficultés, d'un parcours de plus de 100 *km*, en dépensant vingt millions, ou utiliser le canal?

La réponse était toute faite d'avance. On s'est décidé à utiliser le canal et, ainsi, le chemin de fer de Tananarive à la mer était réduit à un développement de 245 *km*. C'est cette considération, résultant de la topographie même de la côte Est, qui a imposé la solution de la question, et l'Administration de l'île a été fort sage de s'y rallier en réservant à plus tard les autres voies qui ne manqueront pas de se faire dans d'autres directions, car ce n'est pas avec 400 *km* de voies de communication qu'on dessert un pays de cette superficie.

Entre Tamatave et Mananjary, 330 *km*, le canal dit des Pangalanes se divise naturellement en deux régions distinctes.

La première *(pl. 5, fig. 1)*, de Tamatave à Andevorante, 100 *km*, fait partie de la route de Tananarive à son port sur la côte Est, Tamatave.

La deuxième région, fort intéressante aussi, est le prolongement de ce canal vers le Sud, sur une longueur d'environ 230 *km*. mais elle ne peut plus être classée dans les voies de communication immédiate; c'est plutôt une voie de pénétration qui desservira des points importants : Vatomandry, Mananjary, et sur laquelle viendront aboutir les chemins de fer d'intérêt locaux, qui serviront à la mise en exploitation de la belle et fertile contrée du Betsiléo.

Je me bornerai aujourd'hui à vous parler de la première partie de ce canal, de celle qui a été entreprise par les Messageries Françaises de Madagascar, en vertu d'une concession du ministre des Colonies, du mois d'octobre 1897. La première section de cette voie de Tamatave vers le Sud est un chemin de fer à la voie de 1 *m*, de 12 *km*, qui part du port même de Tamatave et va à Ivondroo où commence la voie navigable *(fig. 1)*.

D'après le cahier des charges de la concession, ce chemin de fer doit être considéré comme une solution provisoire. Faisant un canal, il était en effet convenable de le commencer à Tamatave même, en débouchant dans le port, pour amener les chalands contre le navire et ainsi réduire les manutentions au minimum. Mais tant que le port de Tamatave ne sera pas couvert par une jetée au Nord qui le défende contre les courants de l'équateur, apportant les masses de sable dont nous avons parlé, il sera impossible d'y faire déboucher un canal dont l'ouverture serait constamment envahie par les sables. Le canal devrait donc rester fermé, et la double manutention du navire à terre et de terre au canal restait inévitable. Il n'y avait donc pas un intérêt immédiat à faire ces 12 *km* de canal; la dépense était hors de proportion avec les services à rendre au commerce, et la Compagnie concessionnaire a différé le creusement de cette partie de la voie navigable, la réservant pour le moment où le trafic sera assez important pour motiver la dépense. Ce creusement ne présentera aucune difficulté; le terrain est peu élevé, marécageux dans certains points et, même, l'Administration devait considérer ce canal comme un travail d'assainissement et y contribuer pour une partie. Ce serait très utile pour l'hygiène de Tamatave qui doit appeler l'attention du pouvoir.

Les gares de Tamatave et d'Ivondroo sont du type de bâtiments fermés. Les trains ne sont pas longs; il pleut beaucoup par averses ou le soleil est torride. On a pris la précaution de couvrir les gares pour faciliter les transbordements.

Voie fluviale.

A Ivondroo, la Compagnie a établi des appontements sur lesquels la voie ferrée vient en communication directe avec la voie fluviale et les ateliers de réparation pour les deux services. Ivondroo est sur la rivière de l'Ivondrona, presque à son embouchure, formant un bassin assez vaste où se déversent

plusieurs rivières plus petites et où aboutit le canal d'écoulement des deux lacs, le Nossi-Bé, de 19 *km* de longueur, suivi immédiatement de Sarabaking, qui reçoivent les eaux d'un bassin de 30 *km* de largeur. Par exception, le canal d'écoulement de ces lacs ne se dirige pas vers le Sud du bassin, au contraire, il va du Sud au Nord. C'est que ces lacs ne se déversent pas dans la mer, mais dans le bassin de l'Ivondroo, ce qui met l'embouchure à l'abri des sables de l'Océan Indien.

La voie navigable part donc d'Ivondroo, va gagner le canal des lacs, traverse ces deux lacs et arrive au Sud au premier Pangalane, Tanifotsy, limite Sud de ce premier bassin. Ce pangalane n'est pas une dune de sable, c'est un ancien cap de la cote primitive qui limitait la vaste baie de l'Ivondrona ; sa constitution est argileuse. Son nom veut dire « Terre blanche ». Argile blanche mélangée de bancs de sable éminemment ébouleuse, qui nous a créé bien des difficultés. Le fond à draguer est schisteux, très dur, et nos dragues ont difficilement attaqué ce terrain.

M. le colonel Roques nous disait que les argiles rencontrés par la route, et le projet du chemin de fer allant vers Tananarive, présentaient des conditions de compacité telles qu'il n'y avait aucune crainte d'éboulement. C'est cette sécurité, malheureusement fausse à Tanifotsy, qui a compliqué les travaux. On ne s'est pas préoccupé des éboulements, et il a été difficile de les arrêter lorsqu'ils se sont produits.

La traversée de Tanifotsy a 651,50 *m* de longueur avec un cube de 170 000 m^3 dont une partie était déjà extraite par les Hovas et par l'administration de l'île avant la concession.

Ayant passé ce pangalane, nous entrons dans le lac de Tanifotsy qui communique immédiatement avec le Tampino. Entre les deux se trouvait un petit seuil à draguer. Le canal d'écoulement de ces lacs se dirige vers le Sud et rejoint le lac Marobé, assez vaste étendue d'eau dont le canal, rejeté à l'extrême Sud du bassin, aboutit à la mer près du Pangalane d'Ampantomaizina, par un vinany à écoulement intermittent. Des dragages ont été nécessaires pour rendre ces canaux navigables. Ce bassin lacustre a une largeur d'environ 22 *km*, Tanifotsy étant au kilomètre 44 du tracé, et Ampantomise au 66e.

Le Pangalane d'Ampantomise a 1 200 *m* de traversée totale, coupée par un petit lac enfermé dans la dune, qui a réduit les travaux à faire. La traversée est en réalité de 744 *m* pour la

grande tranchée et 230 pour la petite ; le cube des terrassements à sec, de 100 200 *m*, et les dragages de 26 630 *m*, soit un total de 126 830 m^3. Ces deux tranchées sont de sable silicieux très pur. On pensait d'abord que ce n'étaient que des dunes formées par les apports de l'Océan, mais on a trouvé dans ces sables des concrétions ferrugineuses d'oxyde de fer formant comme de gros œufs isolés, se rompant facilement sous la pioche. La quantité de fer n'est pas bien considérable, et il ne peut être question d'exploiter un tel gisement, mais, jusqu'à présent, on n'a pas l'explication de la présence du fer dans ces sables ou il n'a pu être apporté que par des eaux superficielles dont on ne trouve plus trace dans la région.

Passé Ampantomise, on entre immédiatement dans les lacs Rassoa, Rassoa-Massé, ou le petit, de 3 *km* de traversée, et le lac Rassoa-Bé, ou le grand, de 5 *km*, mais qui s'étend vers l'Ouest sur une très grande surface. Ces deux lacs sont à peine séparés par un large détroit ; ils sont très profonds. Leur chenal d'écoulement commence au village de Vavony, il est rejeté parallèlement à la mer et son embouchure se trouve à l'extrême Sud de ce bassin, au pied de la dune de sable d'Andavakiménarena, que nous simplifions en Andavak.

A Andavak, nous trouvons le dernier Pangalane de 1 300 *m* de traversée, avec un cube de 330 000 *m*. C'est la plus grande tranchée de tout le tracé. Elle est de sable ; c'est une dune separant le bassin des Rassoa de celui de l'Iaroka. Aussitôt après la tranchée, on rencontre non plus des lacs d'eau vive, mais un terrain bas, marécageux, un lac remblayé de vases apportées par l'Iaroka et l'Ivohitra, et dont le canal d'écoulenent, le Rano-Mainty, a subi la loi générale, Il a été jeté au Sud, jusqu'à venir confondre son embouchure avec celle de l'Iaroka, au village d'Andevorante où finit le canal proprement dit. D'Andevorante, on peut remonter les rivières qui sont navigables, sur 20 ou 25 *km*, et on arrive ainsi par l'Iaroka, à Mahatsara, tête de ligne de la route carrossable de Tananarive, ou par l'Ivohitra, à Aniverano, terminus du chemin de fer venant du plateau central, de l'Emyrne, de Tananarive.

En résumé, sur ce tracé, il a été rencontré trois Pangalanes, d'une traversée totale de 3 181 *m*, avec un cube de 626 800 *m*, auquel il faut ajouter un assez gros cube de dragages en rivière, qui n'a pu exactement être estimé, parce que les premières reconnaissances, se basant sur des étiages peu connus ont donné

un cube insuffisant. De plus, au lieu de draguer à 1 *m*, comme le fixait le cahier des charges, on a décidé postérieurement de draguer à 1,50 *m*. Enfin, la saison exceptionnellement sèche de cette année, jointe à l'ouverture permanente offerte à l'écoulement, a fait baisser le niveau des lacs, à un étiage qui a montré la nécessité de faire passer les dragues sur des seuils que l'on croyait assez bas pour ne pas avoir à y toucher.

En somme, on peut estimer que le cube total n'est pas inférieur à un million de mètres cubes.

L'exécution des travaux, malgré le cube considérable des tranchées, s'est faite par les moyens les plus simples, le Decauville. On avait d'abord pensé à employer l'excavateur, les grands wagons à la voie de 1 *m*, et la locomotive pour la traction, mais notre Collègue, M. A. Portier, chargé de la direction des travaux, après avoir constaté combien les indigènes s'adaptaient bien au petit matériel, a changé les prévisions, et s'est résolu d'augmenter le matériel de la voie de 0,60 *m*.

Le Malgache n'est pas fort, mais il marche bien et volontiers; lui demander de pelleter dans un wagon de terrassement, serait lui demander un effort trop grand, mais lui faire rouler un wagonnet ne l'effraie pas.

En somme, les terrassements se sont faits aussi vite que si on avait employé les excavateurs qui, au moindre accident, auraient paralysé les chantiers.

Pour le dragage, il a été employé de petites dragues de 17 *m* de longueur. Le canal ne devant avoir que 1,50 *m* de profondeur, il n'y avait pas besoin de grandes puissances. Cependant, ces outils ont été un peu faibles, et, quant on rencontrait au fond l'argile compact, ils avaient du mal à couper les terres. Aussi, pour les deux derniers Pangalanes, au lieu de draguer le fond, où l'on rencontrait de l'argile, on a opéré par épuisement, laissant les dragages pour les parties en rivière.

Le cahier des charges de la concession imposait une largeur au plafond de 15 *m*, avec 1 *m* d'eau au-dessous de l'étiage. La Compagnie, pour donner à son matériel naval plus de puissance, a dragué partout à 1,50 *m* de profondeur et, dans certains points plus exposés aux apports, la profondeur a été portée à 2 *m*.

Une question très intéressante reste à étudier; c'est celle du régime de ces lacs. Maintenant que le canal assurera un écoulement continu, que deviendront les vinanys, ces embouchures alternatives?

Il est probable que vers le milieu du canal, le bassin des lacs Rassoa deviendra un bief de partage avec écoulement au Sud par la percée d'Andavak, et au Nord par celle d'Ampantomise. La surface des lacs est très considérable; avec l'écoulement constant par le canal, le niveau ne s'élèvera que fort peu et il en résultera la fermeture définitive des vinanys sur la mer.

Exploitation.

Nous avons vu que par sa tête Sud, le canal aboutit d'un côté à Mahatsara, point d'arrivée de la route de Tananarive, et de l'autre à Aniverano, terminus du chemin de fer qui dessert le plateau central de l'Emyrne, Tananarive, et la belle vallée du Mangoro. Tout le trafic de ces deux voies lui arrive naturellement. C'est la seule artère qui joindra ces deux voies au port de Tamatave.

Le trafic était estimé à 10 000 *t* à la montée, et environ 4 000 à la descente, mais, depuis que le tracé du chemin de fer qui devait aboutir directement à Tamatave a été arrêté à Aniverano, le canal doit transporter tout le matériel et les matériaux nécessaires à la construction et à l'exploitation, ce qui, dans les prévisions les plus réduites, doublera le premier chiffre prévu, soit une recette probable d'environ un million par an. Il faut espérer que ces routes, voies ferrées, voies navigables ouvertes, la colonisation se développera, et que, à mesure que les transports pour le chemin de fer diminueront, ils seront remplacés par le trafic colonial.

L'exploitation comportera deux services, l'un, à grande vitesse, pour les voyageurs, les messageries et la poste, par de très confortables vapeurs dont le modèle déjà expédié a éte dessiné par notre Collègue, M. L. Olivier, de Nantes; l'autre, de petite vitesse, pour les marchandises, avec remorqueurs et gabares remorquées.

En résumé, ce canal des Pangalanes, dont la nécessité était reconnue par les Hovas, utilise des voies navigables créées par la nature même, et qu'il suffisait de compléter et d'améliorer. Il économise à la colonie un chemin de fer de 106 *km*, parallèle à la côte, qui n'aurait pas coûté moins de 20 millions. Il permet l'exécution immédiate des travaux du chemin de fer de Tananarive, et avance d'autant la conquête pacifique et la mise en valeur de cette France de la mer des Indes.

ESSAIS OFFICIELS

DE

RÉCEPTION DES ACIERS A CANON

EN FRANCE ET AUX ÉTATS-UNIS

PAR

M. S. HERYNGFET

Lorsqu'on examine un peu attentivement les conditions dans lesquelles s'effectuent en France les essais mécaniques officiels pour la réception des aciers à canon, il y a lieu de se demander s'il ne conviendrait pas :

1° D'y apporter certaines modifications dans un sens plus rationnel et mieux en rapport avec les progrès continuels de la métallurgie moderne;

2° De s'efforcer en même temps d'écarter autant que possible les caractères empiriques et vagues des essais en s'attachant davantage aux épreuves véritablement scientifiques et précises.

Certains pays, les États-Unis notamment, ont paru prendre à tàche de satisfaire à ces désiderata, comme nous le verrons dans la suite de cette note.

LES ESSAIS MÉCANIQUES EN GÉNÉRAL

Essais directs.

Il est évident que les essais, quels qu'ils soient, ne peuvent donner qu'une idée plus ou moins imparfaite de la manière dont les pièces essayées se comporteront dans la pratique. A ce point de vue l'essai le plus probant consisterait à éprouver l'objet complètement terminé, c'est-à-dire à faire ce qu'on appelle l'essai *direct*. Malheureusement, il est impraticable dans la plupart des cas; de plus il est très onéreux puisqu'on risque de déformer ou de détruire les pièces qu'on éprouve; enfin il est *dangereux* car

on risque de produire dans le métal des changements moléculaires plus ou moins graves et qui, néanmoins, ne se traduiront par aucune modification sensible dans les dimensions de la pièce. L'essai direct ne peut et ne doit donc se faire que sur un nombre très restreint de spécimens.

D'une manière générale il est d'usage dans l'artillerie de faire l'essai direct uniquement pour les *frettes :* On en prélève une au hasard sur un lot quelconque et on la soumet d'abord à une ***épreuve d'élasticité*** puis à une ***épreuve de résistance***. La première ne doit pas produire une extension diamétrale dépassant une certaine limite fixée par le cahier des charges; la seconde ne doit pas amener la rupture. Les conditions, d'ailleurs, ne sont pas exactement les mêmes pour les frettes tourillons et les frettes cylindriques. (1) Les frettes éprouvées à la résistance ne servent plus au frettage des canons.

Outre ces épreuves, les frettes fournissent encore comme les tubes, des barreaux d'essais ordinaires.

Ces épreuves directes, de même que les essais analogues (épreuve au mandrinage des frettes, épreuve à la flexion et à la rupture des tourillons) sont bonnes en principe en ce sens qu'elles permettent de reconnaître certaines pièces défectueuses. Malheureusement elles sont forcément limitées aux pièces en expérience et ne peuvent fournir la moindre certitude en ce qui concerne les éléments non essayés (2). Mais c'est là un inconvénient qu'on ne peut éviter.

ÉPREUVES DE RÉCEPTION RÉGLEMENTAIRES

Avant de discuter les conditions relatives aux divers genres d'essais stipulés par la Guerre et la Marine il est nécessaire de les passer rapidement en revue.

(1) Les conditions sont les mêmes pour les frettes cylindriques et les frettes de culasse. Pour les frettes tourillons le serrage est un peu plus faible :

		Épreuves	
		d'élasticité	de résistance
		—	—
Serrage par mètre compté sur le diamètre à fretter	frettes cylindriques ou de culasse.	1, 75 *mm*	3, 5 *mm*
	frettes tourillons.	1, 50*mm*	3. 0 *mm*

(2) Comme l'a établi M. Pourcel, des phénomènes de liquation viennent dans la coulée des grandes masses d'acier modifier la teneur en carbone des différentes parties du lingot et il peut en résulter un manque d'homogénéité dangereux.

Essais réglementaires pour la Guerre (1).

Ils comprennent des essais à la traction et au choc.

Essais à la traction.

Les tubes doivent être en acier doux fondu, provenant d'un mode quelconque de fabrication, forgé, foré, trempé à l'huile et recuit. Les essais à la traction avant trempe doivent donner les résultats suivants; pour les barreaux de culasse, la distance entre les repères est de 100 *mm*; pour ceux de volée, 50 *mm* seulement :

	Barreaux de rondelle de	
	Culasse.	Volée.
Limite d'élasticité par millimètre carré, de section	23 *kg*	24 *kg*
Tolérance en plus ou en moins	5	6
Charge de rupture par millimètre carré de section	48	49
Tolérance en plus ou en moins	9	10
Allongement minimum	18 0/0.	
Les essais après trempe doivent donner :		
Limite d'élasticité par millimètre carré de section	32 *kg*	35 *kg*
Tolérance en plus ou en moins	5	7
Charge de rupture par millimètre carré de section	62	65
Tolérance en plus ou en moins	8	10
Allongement minimum après la rupture	14 0/0	

En outre la limite d'élasticité doit être supérieure de 5 *kg* au moins à celle qui aura été donnée par l'essai à la traction, avant trempe, des barreaux pris dans la rondelle du même tube.

Essais au choc.

L'épreuve au choc a lieu en laissant tomber un mouton de 18 *kg* sur le milieu d'un barreau carré de 30 *mm* de côté posé sur deux couteaux distants de 140 *mm*. Le barreau ne doit pas se rompre sous le choc du mouton, tombant une première fois de la

(1) Voir la *Revue d'Artillerie*, tome XVI, page 282.

hauteur de 2 *m*, puis successivement de hauteurs augmentant de 10 en 10 *cm*. depuis 1 *m* jusqu'à 2,50 *m*; à ce moment la flèche prise par le barreau est mesurée et notée. On continue ensuite l'épreuve mais seulement à titre de renseignement, en faisant encore tomber 12 fois le mouton de 2,50 *m* de hauteur sur le barreau.

Essais réglementaires pour la Marine (1).

Les conditions de réception ont été fixées par l'Instruction du 9 octobre 1882 qui prescrit pour les corps, tubes, viroles, frettes et les pièces de culasse en acier fondu et trempé à l'huile (2) des essais à la traction et au choc ou au ployage.

Essais à la traction.

Les essais à la traction sont exécutés avec la machine du colonel Maillard sur des barreaux circulaires de trois types (3).

Désignation des types.	Diamètre.	Longueur entre repères.
—	—	—
Barreaux nos 1 et 2.	13,8 *mm*	100 *mm*
Barreau n° 3.	9,4 *mm*	68 *mm*

AVANT TREMPE (*Corps, tubes, et viroles de canons*). — Des essais à la traction sont exécutés sur l'arrière et l'avant de chaque pièce forgée puis recuite, avant trempe (pour le canon de 65 *mm* sur l'arrière seulement). Les résultats doivent satisfaire aux conditions suivantes :

Limite d'élasticité (maximum)	27 *kg*
Résistance à la rupture (maximum). . .	55 *kg*
Allongement après rupture (minimum).	18 0/0

APRÈS TREMPE. — 1° *Tubes*. — Pour chaque extrémité de la pièce, les résultats fournis par chaque barreau, *en écartant les barreaux défectueux dont le nombre ne doit pas être supérieur à la moitié du nombre total* des barreaux essayés, doivent être au minimum.

(1) *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, tome XII, page 72 et suivantes.

(2) Depuis quelques années l'artillerie de Marine a renoncé à la trempe à l'huile et fait tremper ses pièces à l'eau. La Guerre, au contraire continue à faire tremper ses pièces à l'huile.

(3) Le type n° 1 qui ne différait du type n° 2 que par les dimensions des têtes paraît avoir été abandonné.

Conditions de l'essai.	Rondelles de plus de 8 *cm* à la culasse et à la volée.	Rondelles de moins de 8 *cm* à la culasse et à la volée.
Limite d'élasticité	30 *kg*	32 *kg*
Résistance à la rupture. . . .	56	62
Allongement après rupture. .	12 0/0	14 0/0

Les écarts entre les résultats fournis par les barreaux d'une même épreuve et d'une même extrémité ne doivent pas dépasser 8 *kg* pour la limite d'élasticité et 14 *kg* pour la résistance à la rupture.

2° *Frettes.* — Les résultats fournis par chaque barreau essayé, en écartant les barreaux défectueux dont le nombre ne doit pas être supérieur à la moitié du nombre total des barreaux essayés, doivent être, au minimum :

Conditions.	Frettes cylindriques.	Frettes tourillons.
Limite d'élasticité	32 *kg*	32 *kg*
Résistance à la rupture. . . .	62	62
Allongement après rupture. .	14 0/0	12 0/0

Les écarts entre les résultats fournis par les barreaux d'une même épreuve et d'un même tourillon ne doivent pas dépasser 6 *kg* pour les limites d'élasticité et 7 *kg* pour les résistances à la rupture.

Essais au choc.

Après trempe. — Les essais à la flexion par choc sont exécutés sur des barreaux de section carrée de deux types dans les conditions suivantes :

DÉSIGNATION des TYPES	SECTION des BARREAUX	LONGUEUR maximum des BARREAUX	DISTANCE entre les COUTEAUX	SAILLIE des COUTEAUX	POIDS de L'ENCLUME	POIDS du MOUTON	HAUTEUR de chute CONSTANTE
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*kg*	*kg*	*m*
Barreau n° 1.	30/30	200	160	50	350	18	2,75
Barreau n° 2.	20/20	150	120	50	330	18	1,10

Le barreau est placé sur les couteaux, la face extérieure en dessous. On mesure la flèche tous les cinq coups. Si le barreau

touche l'enclume avant d'avoir supporté le nombre de coups fixé, on le retourne pour continuer l'épreuve.

Pour chaque extrémité de la pièce (pour les frettes comme pour les corps et tubes), la rupture ne devra pas se produire avant le quinzième coup avec les barreaux n° 1, pour plus de la moitié des barreaux essayés et avant le vingtième coup avec les barreaux n° 2.

Essais au ployage.

Après trempe. — Lorsqu'il n'est pas possible de prélever des barreaux n° 2 pour l'épreuve au choc, on fait des essais au ployage par choc. Les lames sur lesquelles on opère ont une section rectangulaire et sont de trois types. Le tableau ci-dessous résume les conditions de cette épreuve :

DÉSIGNATION des TYPES	DIMENSIONS DES LAMES			POIDS de L'ENCLUME	POIDS du MOUTON	HAUTEUR de chute CONSTANTE
	LONGUEUR	LARGEUR	ÉPAISSEUR			
	mm	mm	mm	kg	kg	m
Lame n° 1.	70	24	9	165	10	0,50
Lame n° 2.	67	24	9	165	10	0,50
Lame n° 3.	35	15	7	165	10	0,25

La lame est saisie dans l'étau sur le tiers de sa longueur, et le choc, à chaque coup, s'exerce normalement à la lame. Pour plus de la moitié, les lames devront supporter, avant la rupture, le nombre minimum de coups et fournir, après rupture, les angles de ployage maximum indiqués par le tableau suivant :

Lames.	Nombre de coups avant rupture (minimum).	Angle de ployage après rupture (maximum).	Observations.
—	—	—	—
N° 1	12	120°	On entend par angle de ployage
N° 2	11	125°	l'angle intérieur formé par les deux
N° 3	8	135°	extrémités de la lame pliée.

Ces conditions s'appliquent aussi bien aux frettes qu'aux tubes et corps des canons.

DISCUSSION DES CONDITIONS RÉGLEMENTAIRES DE RÉCEPTION

Essais au choc et au ployage.

Parmi les divers genres d'essais que nous venons d'énumérer, il y en a un seul qui nous semble avoir une utilité réelle et dont les résultats sont susceptibles de nous fournir des renseignements sérieux : c'est l'essai à la traction. Les autres sont absolument empiriques et il est impossible d'en déduire aucun résultat indépendant des conditions mêmes de l'épreuve.

On peut se demander sur quoi l'on s'est basé pour fixer les données relatives aux essais de choc et de ployage ; pourquoi on prescrit tel nombre de coups de mouton, tel angle de ployage, telle hauteur de chute, etc. Vraisemblablement, on a agi par voie de comparaison : on a fait fabriquer un certain nombre de pièces avec un soin tout particulier, en surveillant attentivement toutes les opérations de forge, de trempe et de recuits, en contrôlant exactement la composition chimique de manière à obtenir un métal de qualités parfaitement déterminées. Ensuite, sur des barreaux découpés dans ce métal, on a fait des expériences de choc et de ployage (ainsi que de traction). On a donc pu se rendre compte de la résistance opposée à ce genre d'efforts et on en a déduit les conditions qu'on devait imposer (1).

Pour que cette manière d'opérer pût présenter une garantie sérieuse, il faudrait effectuer des essais comparatifs fréquents et suivre en quelque sorte pas à pas les progrès incessants de la métallurgie. Or, les conditions qui se rapportent à ces essais n'ont pas sensiblement varié depuis 1879 pour la Guerre et 1882 pour la Marine.

On a prétendu que l'épreuve au choc (qui n'est en réalité qu'une simple flexion comme l'a montré l'étude des déformations après rupture) se rapproche des conditions de la pratique en ce sens que l'action de la poudre est une action de choc. Cette similitude étant admise, il est difficile de comprendre comment on a pu l'utiliser dans l'établissement des conditions mêmes de la réception.

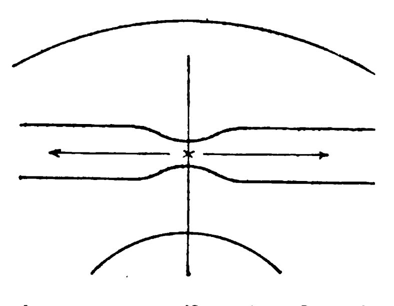
(1) D'après le major Cubillo, de l'artillerie espagnole, l'épreuve de ployage par choc a pour but spécial de déceler la présence du phosphore dans le métal. S'il en est ainsi, cette épreuve paraît superflue puisqu'on connaît la composition chimique de chaque lingot et que, d'ailleurs, les résultats obtenus dans les essais à la traction, avant et après trempe, sont de nature à montrer clairement si le phosphore est en quantité assez notable pour altérer la qualité de l'acier.

Les essais dont nous parlons présentent donc, *a priori*, en cè qui concerne leur interprétation, un caractère nettement indéterminé. De plus, il est douteux que les résultats qu'ils fournissent puissent influer sérieusement sur l'acceptation ou le rebut des pièces. En effet, dans les nombreux essais que nous avons faits personnellement et dans tous ceux dont nous avons analysé les procès-verbaux, nous avons constaté que les résultats des épreuves de choc et de ployage étaient invariablement satisfaisants lorsque l'épreuve à la traction était elle-même satisfaisante et même souvent lorsqu'elle ne l'était pas, c'est-à-dire que les essais de choc et de ployage n'ont jamais provoqué *exclusivement*, à notre connaissance du moins, l'ajournement ou le rebut d'une pièce.

Ce qui tendrait encore à faire douter de leur utilité, c'est que dans la plupart des pays, ils sont laissés complètement de côté, aux États-Unis notamment, ce pays du progrès par excellence, où les essais de réception des aciers à canon sont effectués avec un soin et une précision particuliers et dans des conditions de sévérité plus grande qu'en France.

Essai à la traction.

L'essai à la traction est le seul qui donne des indications précises sur le travail du métal dans la pratique et sur les risques de déformation de l'âme de la bouche à feu. Il ne faut pas croire, en effet, que cet essai est une épreuve de simple tension lorsqu'il s'agit des aciers doux employés dans la construction des canons. Dans le cas de ces métaux il se forme un *fuseau* et cette déformation est accompagnée de tensions longitudinales avec pressions transversales (1). En un certain point du cercle de gorge ces forces agissent sur le plan diamétral et sur une surface parallèle à celle de l'âme et agissent constamment sur les mêmes plans comme il arrive dans la dilatation des canons sous la pression intérieure. Il y a donc dans la zone la plus déformée un développement de forces agissant



(1) Ch. Duguet — Limite d'élasticité et Résistance à la rupture. Statique générale.

simultanément en divers sens, entre autres une tension et une pression rectangulaires.

Il en résulte que l'épreuve à la traction est celle qui se rapproche le plus de l'essai direct des canons. De plus c'est la seule qui permette d'obtenir tous les éléments qu'il est indispensable de connaître dans la construction de la bouche à feu et qui sont :

La charge correspondant à la *limite élastique* qui renseigne sur les risques de déformation de l'âme ;

L'*allongement* correspondant à cette même limite, qui permet de déduire le module d'élasticité du métal (1), le facteur le plus important dans les calculs de frettage ;

Enfin la charge et l'allongement à la *rupture*, qui donnent des indications précieuses sur la qualité du métal.

Ce genre d'essai est donc celui qui est le moins empirique et le plus pratiquement utile. On pourrait cependant critiquer la manière dont les résultats de cet essai sont interprétés par l'artillerie de Marine et la Guerre.

L'artillerie de marine fait une restriction relative aux barreaux défectueux ; il est admis que le nombre de ces barreaux peut atteindre la moitié du nombre total des barreaux essayés. Cette latitude laissée aux maîtres de forge paraît peu judicieuse, car on reconnaît ainsi implicitement que le métal peut être médiocre ou en tout cas manquer d'homogénéité.

Une semblable restriction, qu'on aurait pu comprendre autrefois lorsque la fabrication de l'acier laissait à désirer, ne peut plus s'expliquer aujourd'hui.

Il y a lieu de remarquer aussi les tolérances en plus ou en moins imposées par la Guerre. Les tolérances en moins sont logiques puisqu'on fixe ainsi une qualité minima. Les tolérances en plus paraissent anormales puisqu'on semble vouloir ainsi limiter de parti pris l'excellence de la matière première. On peut cependant chercher une explication de cette anomalie dans ce qui suit :

(1) Le module d'élasticité a pour expression $E = 1000 \frac{Pe}{le}$,

Pe étant la charge en kilogrammes par millimètre carré de section primitive ; *le* l'allongement en millimètres par mètre courant ; } correspondant à la limite d'élasticité.

Il est d'usage de dire que le module d'élasticité de l'acier est constant et égal à 20 000 ; en réalité il varie avec chaque espèce d'acier et souvent dans des proportions assez sensibles. Aussi serait-il utile de le déterminer exactement au moins à titre de renseignement) pour chaque pièce qu'on a à construire.

On a pour habitude d'adopter le même module d'élasticité et, par suite, le même serrage pour toutes les bouches à feu d'un même modèle; cette manière d'opérer simplifie notablement les calculs de serrage puisque c'est une même opération qui se répète constamment avec des données identiques. On conçoit dans ces conditions qu'on limite les résultats des essais dans les deux sens afin d'obtenir des valeurs ne s'écartant pas trop d'une valeur moyenne adoptée d'avance. Par contre on renonce ainsi *a priori* à avoir des aciers pouvant être souvent d'une qualité supérieure.

Aux États-Unis, lorsque les variations du module d'élasticité sont peu considérables on les néglige généralement mais on ne fait aucune restriction sur les qualités maxima du métal. On se contente de fixer un minimum et on détermine dans chaque cas la valeur du module et, s'il le faut, celle du serrage qu'il convient d'adopter.

Relevé des résultats de l'essai.

Dans les usines productrices françaises les épreuves à la traction se font généralement dans les conditions suivantes :

On note tout d'abord les dimensions de l'éprouvette (diamètre et distance entre repères) à 1/10 de millimètre près.

L'éprouvette étant disposée sur la machine, on observe la charge correspondant à la limite d'élasticité (par le soubresaut de la colonne mercurielle ou par la chute du poids mobile suivant que la machine est à manomètre ou à levier) et celle correspondant à la rupture. On rapproche ensuite les deux parties de l'éprouvette rompue en les juxtaposant le mieux possible et on mesure la nouvelle longueur entre repères d'où l'on déduit l'allongement pour cent après rupture. Enfin on observe le caractère de la cassure.

On se base sur les observations qui précèdent pour accepter, ajourner ou rebuter la pièce. D'ailleurs, l'acceptation n'est que provisoire (1). Elle est subordonnée à des épreuves ultérieures (définitives celles-là), effectuées par les établissements de l'État. Bien mieux, si, plus tard, l'usinage des pièces faisait ressortir des défauts cachés jusqu'alors, les pièces pourraient encore être rebutées. Le contrôle est donc sérieux.

(1) Nous parlons des arsenaux de l'État.

Par contre, l'épreuve en elle-même n'est pas assez approfondie en ce sens qu'on n'en tire pas tous les renseignements qu'elle peut fournir et qui sont de nature à mettre clairement en évidence la manière dont le métal se comporte sous les diverses charges.

Pour faire ressortir ce qui précède, nous indiquerons comment aux États-Unis on relève les résultats de chaque essai à la traction. Les Américains ont à leur disposition des machines à essayer très perfectionnées et les épreuves sont à la fois précises et détaillées. A l'arsenal de Watertown se trouve la machine étalon sur laquelle se règlent toutes les autres (du moins en ce qui concerne l'artillerie de terre).

Parmi les procès-verbaux des essais, relevons au hasard l'un d'entre eux. C'est l'essai effectué sur une éprouvette provenant d'un tube de canon de 8 pouces (203 *mm*) en acier. Le tableau suivant, exactement reproduit, donne les résultats tels qu'ils ont été relevés.

On remarquera dans ce tableau que les charges successives sont appliquées très judicieusement : ainsi, dans le voisinage immédiat de la limite d'élasticité, les variations de la charge sont très faibles en deçà et au delà de cette limite. On peut, de cette manière, relever avec une grande précision la correspondance entre les déformations et les charges dans les environs de la limite élastique.

Avec un tableau de ce genre, on a donc des renseignements absolument complets sur la façon dont le métal se comporte sous les diverses charges. On a aussi la valeur exacte du module ou coefficient d'élasticité. Pour l'acier dont il s'agit, ce serait :

$$E = 1\,000\,\frac{P_e}{i_e} = 1\,000\,\frac{37{,}3}{1{,}733} = 21\,524.$$

Il ne faudrait pas croire que des observations aussi précises et aussi détaillées nécessitent un temps exagéré et un personnel nombreux. Ce dernier comprend seulement deux observateurs et un manœuvre. L'un des observateurs a devant lui une feuille imprimée sur laquelle sont marquées d'avance les charges successives ; l'autre observe les allongements au moyen d'un appareil micrométrique. Le premier annonce à haute voix chaque charge successivement à mesure qu'il l'observe et inscrit en regard l'allongement correspondant que lui indique le second.

TABLEAU N° 1.

Tube n° . Éprouvette n° .

Désignation (genre de bouches à feu, etc.) ;

Diamètre . . . . 14,32 *mm*

Section . . . . 160,60 *mm*²

Distance entre repères . . . . 76,2 *mm*

CHARGES APPLIQUÉES (1) TOTALES	CHARGES APPLIQUÉES (1) par millim. carré	ALLONGEMENTS TOTAUX par millimètre	ALLONGEMENTS PARTIELS par millimètre	ALLONGEMENTS PERMANENTS	ALLONGEMENTS PERMANENTS successifs	OBSERVATIONS
kg	*kg*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	
113	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	Charge primitive.
567	3,5	0,000100	0,000100	0,0		
1 134	7,0	0,000300	0,000200			
2 268	14,0	0,000633	0,000333			
3 402	21,0	0,000967	0,000334			
3 968	24,6	0,001133	0,000166	0,0		
4 536	28,1	0,001300	0,000167			
4 768	29,5	0,001367	0,000067	0,0		
4 875	30,2	0,001400	0,000033			
4 989	30,9	0,001433	0,000033			
5 102	31,6	0,001433	0,0			
5 216	32,3	0,001467	0,000034			
5 330	33,1	0,001533	0,000066			
5 443	33,8	0,001600	0,000067			
5 556	34,5	0,001633	0,000033			
5 670	35,2	0,001667	0,000034			
5 782	35,9	0,001667	0,0			
5 896	36,6	0,001700	0,000033			
6 010	37,3	0,001733	0,000033			Limite élastique.
6 122	38,0	0,003000	0,001267			
6 236	38,7	0,005000	0,002000			
6 350	39,4	0,006333	0,001333			
6 463	40,1	0,007333	0,001000			
6 575	40,8	0,008333	0,001000			
10 622	65,9	0.......	....	....	....	Résistance à la rupture.

RÉSUMÉ.

Résistance à la rupture par millimètre carré de section primitive.	65,9 *kg*
Limite élastique — — — .	37,3 *kg*
Allongement pour 100 après rupture	20,3
Allongement en millimètres par mètre courant sous la charge de la limite élastique	1,733 *mm*
Diminution de diamètre au point de rupture	3,91 *mm*
Contraction (diminution relative de section).	47,2
Position du point de rupture.	27,2 *mm* d'un des repères
Caractère de la cassure	Soyeuse
Allongements pour chaque tiers de la longueur primitive.	8,12, 4,57, 2,79 *mm*

(1) Dans le texte anglais, les charges sont exprimées en livres par pouce carré et sont figurées par des nombres entiers de centaines ou de milles.

Le manœuvre ne s'occupe que de la mise en place de l'éprouvette et de l'embrayage et du débrayage de la machine.

Lorsque les observateurs sont bien au courant de leur service les résultats sont relevés rapidement et aisément.

Conditions imposées dans les essais aux États-Unis.

Nous avons passé en revue les divers genres d'épreuves effectuées en France et les conditions de recette imposées en en faisant ressortir les anomalies. Aux États-Unis, les épreuves au choc et au ployage n'existent pas : par contre, les essais à la traction se font d'une manière plus complète et précise et les conditions imposées sont plus variées et plus sévères.

On fait prélever un certain nombre d'éprouvettes aux deux extrémités de *chaque élément*, même pour les plus petits calibres, le nombre étant d'autant plus élevé que le calibre est plus fort. De plus, on fixe la distance minima à laquelle l'axe de l'éprouvette doit se trouver de l'extrémité de la pièce, comme le montre le tableau suivant :

Tableau n° 2.

CALIBRE DE LA PIÈCE	DÉSIGNATION des ÉLÉMENTS	NATURE de L'ÉPREUVE	NOMBRE D'ÉPROUVETTES À PRÉLEVER à la culasse	à la volée	DISTANCE MINIMA de l'axe à l'extrémité de la pièce de forge
					mm
Pièces de campagne de tous calibres	Tube	Traction	2	2	29,2
	Manchon	»	2	2	29,2
Pièces de siège de tous calibres	Tube	»	2	2	31,7
	Manchon	»	3	3	31,7
Pièces de côte de 8 à 10 pouces (203 à 254 *mm*)	Tube	»	3	3	38,1
	Manchon	»	4	4	38,1
Pièces de côte de 10 pouces (254 *mm*) et au-dessus	Tube	»	4	4	38,1
	Manchon	»	4	4	38,1

Un tableau analogue s'applique aux frettes.

En ce qui concerne les conditions de recette proprement dites, il n'est pas fait mention de tolérances en plus ou en moins. On fixe simplement un minimum auquel doivent satisfaire les résultats de l'essai. Si ce minimum n'est pas atteint par toutes les éprouvettes provenant d'une même pièce, celle-ci est ajournée. De même, il n'est fait aucune restriction relativement à des barreaux défectueux, car la présence d'un semblable barreau parmi ceux d'un même élément serait jugée suffisante pour faire ajourner l'élément en attendant une contre-épreuve ou un nouveau traitement du métal. L' « Ordnance Department » (Section technique de l'artillerie) reconnaît en effet aux maîtres de forge le droit de faire procéder à des contre-épreuves, mais seulement sur une *nouvelle série complète* de barreaux et non sur des barreaux remplaçant uniquement ceux que l'on a jugés défectueux. On autorise également à faire subir à la pièce défectueuse un nouveau recuit ou une nouvelle trempe et recuit suivant les besoins, mais, dans ce cas, on ne tient aucun compte des résultats fournis antérieurement par l'élément en question. On recommence toute la série des épreuves qui, cette fois, sont définitives.

Les deux tableaux qui suivent indiquent les conditions *minima* de réception imposées ; le premier est relatif aux tubes et manchons, le second aux frettes :

TABLEAU N° 3. — *Tubes et manchons.*

CALIBRE DES PIÈCES	DÉSIGNATION des ÉLÉMENTS	LIMITE ÉLASTIQUE kilogr. par mm^2.	RÉSISTANCE LIMITE kilogr. par mm^2.	ALLONGEMENT 0/0 après rupt.	CONTRACTION 0/0
		kg	kg		
Pièces de campagne de tous calibres.	Tube	29,6	54,9	20,0	35,0
	Manchon	32,4	60,5	17,0	30,0
Pièces de siège de tous calibres.	Tube	29,6	54,9	18,0	30,0
	Manchon	32,4	60,5	16,0	27,0
Pièces de côte de 8 pouces (203 *mm*).	Tube	29,6	54,9	17,0	30,0
	Manchon	32,4	59,8	16,0	27,0
Pièces de côte de 10 pouces (254 *mm*) et au-dessus.	Tube	29,6	54,9	17,0	30,0
	Manchon	31,0	58,4	16,0	27,0

TABLEAU N° 4. — *Frettes.*

DIMENSIONS DES ÉPROUVETTES		LIMITE ÉLASTIQUE kilogr. par mm².	RÉSISTANCE A LA RUPTURE kilogr. par mm².	ALLONGEMENT 0/0 APRÈS RUPTURE
Entre repères	Diamètre			
mm	mm			
		Frettes tourillons.		
50,8	12,8	35,2	63,3	18,0
76,2	14,3	35,2	63,3	15,0
101,6	14,3	35,2	63,3	13,0
		Frettes cylindriques.		
50,8	12,8	35,2	63,3	18,0
76,2	14,3	37,3	65,4	15,0
101,6	14,3	37,3	65,4	13,0

Contraction ou diminution relative de section.

Dans le tableau n° 3, outre les conditions se rapportant à la limite élastique, la résistance à la rupture et l'allongement pour cent, figure une autre, celle relative à la *contraction* pour cent, c'est-à-dire le rapport de la diminution de section à la section primitive, considéré au point de rupture (1).

Ce caractère est considéré par beaucoup d'Ingénieurs comme l'un des plus importants dans l'appréciation des qualités d'un métal doux. Au moins autant que l'allongement pour cent il permet de se rendre compte de la *ductilité* du métal et, d'après Kirkaldy, la contraction et la résistance seraient même des caractères suffisants pour renseigner complètement sur sa valeur.

Quoi qu'il en soit, les Américains ont fait figurer ce caractère parmi les conditions de réception, du moins en ce qui concerne les tubes et manchons, pour lesquels la ductilité a plus d'importance que pour les frettes, et les résultats de l'observation semblent leur donner raison.

Il arrive, en effet, parfois que le caractère de la cassure décèle un acier non homogène ou défectueux et que, cependant, la limite élastique, la résistance à la rupture et même l'allonge-

(1) La contraction pour cent est $\frac{S-s}{S}$ ou $\frac{D^2-d^2}{D^2}$. On l'appelle quelquefois *striction* quoique ce nom s'applique aussi au rapport $\frac{D-d}{D}$.

ment pour cent ne laissent rien à désirer au point de vue des conditions de réception.

La contraction, au contraire, est invariablement d'accord
avec l'
ıme règle
d'une cer-
canon, la
ıit que si
réception
'encontrer

orrélation
ȝt bon de
nguer les
ȝ nom de

:.

s, à con-

plus em-

brillants

caracté-
s lignes

s lignes
ȝrs, sont

ıversée

La Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, réunie en 1893, a ajouté une autre cassure :

G'. Analogue à G mais avec un plus grand nombre de défauts.

Toutes les cassures obtenues n'entrent pas forcément dans cette classification ; il peut se présenter des cassures intermédiaires qui sont alors désignées par des doubles lettres. Pour indiquer la prédominance de l'un ou de l'autre caractère on emploiera même une lettre majuscule et une minuscule. Ainsi il pourra se présenter des cassures telles que :

AB. Intermédiaire entre A et B.

BI. Moitié B et moitié I.

I*b*. Intermédiaire entre I et B mais où la partie I prédomine etc.

Parmi toutes les cassures qui viennent d'être énumérées, les plus *belles*, c'est-à-dire celles qui indiquent la meilleure qualité d'acier, sont A, B et leurs intermédiaires. Aussi, lorsqu'on obtient une semblable cassure avec une limite élastique et une résistance limite satisfaisantes, est-on à peu près sûr que l'allongement sera suffisant. Mais l'inverse n'a pas toujours lieu : l'allongement peut être suffisant et la cassure médiocre. La contraction, par contre, ne trompera jamais à ce point de vue. Le tableau suivant met en évidence cet accord entre la contraction et l'aspect de la cassure. C'est le résumé des essais effectués aux États-Unis sur des éprouvettes provenant de canons de 10 pouces (254 *mm*) en acier.

L'examen attentif de ce tableau montre nettement la dépendance mutuelle entre la contraction et l'aspect de la cassure. Il n'en est pas de même des allongements dont certaines valeurs, quoique faibles, correspondent à de belles cassures et vice versa.

Les renseignements suivants mettent encore en évidence ce qui précède. Ils sont relatifs à des essais effectués en France (1) sur des éprouvettes provenant de canons Hotchkiss à tir rapide de 47 *mm* (2).

(1) Aux Forges et Aciéries de Firminy.

(2) La Société des Anciens Établissements Hotchkiss impose les conditions suivantes pour les essais à la traction des aciers qu'elle emploie :

Limite élastique, minimum.	36 *kg* par millimètre carré.
Résistance à la rupture, minimum. . .	66 *kg* —
Allongement 0/0, minimum	15
Contraction, minimum.	35 0/0

Les éprouvettes sont conformes au modèle n° 2 de la marine française. Les essais sont « individuels » et non représentatifs, c'est-à-dire qu'ils sont effectués sur chaque élément et à chaque extrémité, toutes conditions assurant l'excellence de la matière première.

TABLEAU N° 5 (1).

Résumé des essais de traction pour canons rayés de 10 pouces en acier.

NUMÉROS des éprouvettes	PARTIE de la BOUCHE à feu	POSITION des éprouvettes	LIMITE élastique kilogr. par millimètre carré	RÉSISTANCE à la rupture kilogr. par millimètre carré	ALLONGEMENT 0/0	CONTRACTION 0/0	ASPECT de la CASSURE	COTÉ de l'élément
1	Tube.	Milieu.	29,5	60,8	22,7	44,6	Soyeuse.	Culasse.
2	»	»	34,5	64,4	16,7	47,2	Id.	Volée.
3	»	»	31,6	64,4	20,7	41,9	Granulaire 0,5 Soyeuse 0,5	Culasse.
4	»	»	36,6	63,3	22,3	44,6	Granulaire 0,4 Soyeuse 0,6	Volée.
5	»	»	32,4	60,6	24,3	49,7	Soyeuse.	Culasse.
6	»	»	33,1	62,5	23,0	49,7	Id.	Volée.
7	»	»	34,5	62,8	21,3	49,7	Id.	Culasse.
8	»	»	33,1	60,9	22,3	49,7	Id.	Volée.
9	»	»	33,1	60,5	24,0	52,2	Id.	Culasse.
10	»	»	32,4	60,4	23,0	49,7	Id.	Volée.
11	»	Intérieur.	31,0	55,9	23,3	49,7	Id.	Culasse.
12	»	»	29,5	56,8	18,3	27,6	Granulaire 0,9 Soyeuse 0,1	Volée.
13	»	Extérieur.	40,8	67,0	19,3	44,6	Soyeuse.	Culasse.
14	»	»	28,1	55,5	24,0	36,4	Soyeuse avec grains fins.	Volée.
15	»	»	33,1	60,3	21,0	47,2	Soyeuse.	Culasse.
16	»	»	32,4	56,3	22,7	52,2	Id.	Volée.
17	»	»	33,1	61,8	16,3	47,2	Id.	Culasse.
18	»	»	33,8	56,4	23,3	49,7	Id.	Volée.
19	»	Intérieur.	35,9	59,2	10,3	15,0	Gran. 0,8 Trav. sombres 0,2	Culasse.
20	»	»	31,7	58,9	15,3	18,3	Granulaire. Quelques travers	Volée.
21	»	Milieu.	36,6	63,5	20,3	39,2	Grains fins 0,6 Soyeuse 0,4	Culasse.
22	»	»	38,0	60,1	23,3	52,2	Soyeuse.	Volée.
23	»	»	29,5	57,3	24,0	52,2	Id.	Culasse.
24	»	»	31,7	53,7	29,3	54,6	Id.	Volée.
25	Manchon.	»	36,6	63,6	22,3	44,6	Id.	Culasse.
26	»	»	36,6	65,8	20,7	41,9	Id.	Volée.
27	»	»	38,7	68,7	20,7	44,6	Soyeuse très légèrement gran.	Culasse.
28	»	»	35,9	61,6	22,7	49,7	Soyeuse.	Volée.
29	»	»	32,4	60,0	22,7	47,2	Id.	Culasse.
30	»	»	31,0	58,3	22,7	52,2	Id.	Volée.
31	»	»	36,6	66,8	20,3	39,2	Granulaire. Tache soyeuse.	Culasse.
32	»	»	35,9	65,4	20,3	49,7	Soyeuse.	Volée.
33	»	Extérieur.	34,5	62,8	22,7	49,7	Soyeuse. Quelques grains.	Culasse.
34	»	»	40,1	68,0	22,7	54,6	Soyeuse.	Volée.
35	»	»	40,8	70,7	16,7	33,5	Granulaire. Travers sombres.	Culasse.
36	»	»	36,6	62,8	21,7	52,2	Soyeuse.	Volée.
37	»	Milieu.	33,1	58,3	26,7	52,2	Id.	Culasse.
38	»	»	33,8	61,7	22,7	54,6	Id.	Volée.
39	»	Intérieur.	33,1	61,2	21,3	49,7	Id.	Culasse.
40	»	»	35,9	60,8	23,3	52,2	Id.	Volée.
41	»	Milieu.	35,2	63,4	23,3	47,2	Id.	Culasse.
42	»	»	33,8	62,3	22,7	49,7	Id.	Volée.
43	»	Intérieur.	33,1	58,7	25,0	49,7	Id.	Culasse.
44	»	»	33,1	60,3	23,3	49,7	Id.	Volée.
45	»	»	35,9	65,2	20,0	52,2	Id.	Culasse.
46	»	»	35,9	62,2	6,7	8,4	Granulaire.	Volée.

(1) Ce tableau a été pris au hasard parmi les relevés d'essais officiels contenus dans les « Tests of Metals » publiés annuellement par les soins de la Section technique américaine.

TABLEAU N° 6.

Données relatives à des pièces de forge pour canons Hotchkiss à tir rapide de 47 mm.

NUMÉRO de l'éprouvette	PARTIE DE LA BOUCHE à feu	LIMITE élastique en kilogr. par millimètre carré	CHARGE de rupture en kilogr. par millimètre carré	ALLONGEMENT 0/0	CONTRACTION 0/0	CARACTÈRE de la CASSURE	COTÉ DE L'ÉLÉMENT
1	Manchon.	42,1	70,2	16,5	44,2	B	Culasse.
2	»	39,4	66,9	18,5	47,5	B	Culasse.
3	»	44,1	71,6	18,0	59,4	B	Volée.
4	»	43,5	72,2	15,5	56,6	AB	Volée.
5	»	43,5	72,2	15,5	46,4	B	Culasse.
6	»	42,1	68,9	16,5	37,6	BF	Culasse.
7	»	44,8	72,2	16,0	56,6	B	Volée.
8	»	42,8	71,6	20,0	54,6	B	Volée.
9	Tube.	51,5	74,9	19,0	55,6	A	Culasse.
10	»	52,2	77,6	18,0	53,6	A	Culasse.
11	»	50,4	76,4	16,9	60,7	AB	Volée.
12	»	50,4	73,5	16,9	60,7	AB	Volée.
13	»	47,5	70,5	19,0	59,7	B	Culasse.
14	»	44,7	67,2	18,5	62,4	B	Culasse.
15	»	46,1	68,9	19,5	59,4	A	Culasse.
16	»	46,1	70,2	18,5	59,4	AB	Culasse.
17	Manchon.	45,5	76,2	13,5	30,5	Ib	Culasse.
18	»	44,1	73,5	14,5	37,6	B	Culasse.
19	»	46,1	75,6	18,0	54,6	B	Volée.
20	»	46,8	75,6	16,5	54,6	B	Volée.
21	»	46,1	73,5	16,0	37,6	BI	Culasse.
22	»	47,5	76,2	12,0	24,4	ID	Culasse.
23	»	46,8	74,9	18,0	45,5	AB	Culasse.
24	»	45,5	74,9	15,5	35,4	C	Culasse.

Dans ce tableau les résultats fournis, entre autres, par les deux éprouvettes nos 4 et 24 sont probants : la limite élastique et la charge de rupture sont peu différentes, l'allongement pour cent est le même et cependant l'acier de la première est nettement supérieur à celui de la seconde ; c'est ce que la contraction met en évidence : elle est de 56,6 dans le premier cas et de 35,4 seulement dans le second.

CONCLUSION

On peut dire, en résumé, que les essais officiels pour la réception des aciers à canon, tels qu'ils sont effectués actuellement en France, sont critiquables sur certains points, comme le montre la comparaison avec les méthodes adoptées aux États-Unis. Les principales modifications qu'on pourrait y apporter peuvent se résumer comme suit :

1° Supprimer les épreuves de choc et de ployage, qui sont trop empiriques et ne fournissent pas de renseignements précis ou utiles;

2° Effectuer les essais de traction sur une ou plusieurs éprouvettes découpées aux deux extrémités de chaque élément de la bouche à feu (tube, manchon ou frette) même pour les petits calibres, le nombre d'éprouvettes variant avec le calibre;

3° Se contenter d'imposer un *minimum* et renoncer aux tolérances en plus ou en moins;

4° Faire entrer en ligne de compte parmi les conditions imposées la valeur de la striction ou contraction pour cent minimum;

5° S'efforcer d'obtenir des renseignements plus complets sur la loi des déformations du métal, tels que les allongements élastiques sous les diverses charges, l'allongement correspondant à la limite d'élasticité, les allongements permanents après cette limite.

LES AUTOMOBILES

I

LA VOITURE AUTOMOBILE DE COURSE
A LA FIN DE 1900

PAR

M. G. de CHASSELOUP-LAUBAT

EXPOSÉ [1]

PAR

M. G. FORESTIER

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES, MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

M. le Comte de Chasseloup-Laubat a écrit en tête des Notes qu'il m'a laissées non pas : *État actuel de la locomotion automobile sur routes*, mais bien : *La voiture de demain.*

Toutes ses Notes, d'ailleurs, ne concernent que la voiture de course.

Je crois qu'il a eu raison; je pense en effet comme lui. Pour donner une idée nette de l'état actuel de la locomotion automobile sur routes, le plus simple est de décrire la forme et le mode de construction des diverses parties des voitures de course.

Ceux qui ont visité l'Exposition du Grand Palais ont dû être émerveillés de ce qui s'y trouvait, mais aussi un peu déconcertés par la multitude des variétés de forme extérieure des voitures exposées. Ceux qui ont poussé jusqu'à la galerie des châssis ont dû revenir un peu étonnés de la multiplicité des organes, de la diversité des dispositifs, et ont dû se demander : Mais, depuis cinq ans qu'on fait de la locomotion automobile, il n'y a donc pas un type qu'on puisse recommander à ses amis?

Au milieu de ce chaos, un seul groupe de voitures a un type qu'on reconnaît à première vue. Toutes les voitures de course

(1) Séance du 1er février 1901.

semblent être coulées dans le même moule extérieur. Si l'on étudie leurs dispositifs, on voit que chaque organe tend vers un type robuste et simple. C'est dans ces conditions que le comte de Chasseloup-Laubat a pensé que pour donner une idée nette de l'état actuel de la locomotion automobile sur routes, il suffisait de décrire la seule voiture de course.

Je commencerai par le commencement, c'est-à-dire par l'aspect extérieur de la voiture qui résulte des dispositions et des proportions du châssis.

Ce qui frappe d'abord, quand on voit une voiture de course, c'est sa forme particulière : à l'avant et à l'arrière, deux coffrets formant éperons ; au milieu, un siège rudimentaire à deux places; le châssis est droit ; les deux roues sont à peu près égales, les roues directrices dépassent un peu le châssis, et dans quelques voitures, les roues motrices tendent également à le dépasser vers l'arrière. Dans le coffret avant se trouve le moteur; celui d'arrière est consacré aux outils et aux pièces de rechange que doit emporter tout conducteur de voiture de course exposé, en pleine route, à faire si souvent œuvre de mécanicien.

Le poids de ces voitures varie environ entre 1 200 et 1 400 *kg*, avec approvisionnements et plein chargement. Les poids étaient autrefois répartis deux tiers sur les roues arrière et un tiers sur les roues avant. Actuellement, on tend à ne faire porter aux roues arrière que juste le poids nécessaire pour obtenir l'adhérence qu'il faut en cours de route, en tenant compte des déclivités qu'on peut rencontrer.

Ce qui frappe surtout ceux qui ont suivi les voitures de course depuis 1895, c'est l'espacement de plus en plus grand des essieux, ce que nous appelons l'empattement. Dans la voiture n° 5 qu'en 1895 M. Levassor a conduite dans son admirable raid Paris-Bordeaux et retour en 48 heures, l'empattement était de 1,300 *m*. En 1896, dans la course Paris-Marseille-Paris, l'empattement était de 1,700 *m*. En 1899, dans le tour de France, il a été porté à 2 *m*. Enfin, en 1900, dans la course Paris-Toulouse, il était de 2,25 *m*.

On a obtenu ainsi plus de fixité dans la direction.

Je me rappelle avoir entendu le mécanicien d'un de mes amis, qui avait l'habitude d'une petite voiture à essieux distants de 1,20 *m*, et à qui on avait confié une voiture à essieux distants de 1,70 *m*, dire : C'est étonnant comme c'est plus facile à conduire !

Les premiers constructeurs, confondant rigidité et solidité, ont adopté les châssis métalliques; mais, à la longue, ils se sont

aperçus que moyennant certaines précautions dans les assemblages des arbres de transmission, il n'y avait pas incompatibilité entre souplesse et solidité, au contraire. Aujourd'hui les châssis des voitures de course sont en bois avec consolidations en métal.

Maintenant, si nous considérons le diamètre des roues, nous apercevons qu'également il a été en croissant de plus en plus. A l'origine, il était de 0,80 *m* à l'avant et de 1 *m* à l'arrière ; aujourd'hui, la tendance est d'avoir des roues de même diamètre et égal à 1,06 *m*. Pendant longtemps, on avait des inquiétudes sur l'instabilité de la voiture dans les virages ; on voulait se maintenir très bas ; maintenant on ne s'effraye plus d'avoir le centre de gravité placé assez haut. Dès lors l'égalité des diamètres devant faciliter l'approvisionnement des bandages de rechange ; on y tend de plus en plus.

Nous avons à nous préoccuper du mode de construction de ces roues.

La roue peut être à rais métalliques ou à rais en bois.

Dans les voitures de course, tout le monde préfère la roue à rais en bois qui peut résister davantage aux chocs et, en tout cas, peut, même avariée, se consolider plus facilement.

On a dû remarquer, à l'Exposition Universelle et au Grand Palais, que des maisons qui, autrefois, préféraient la roue à tendeurs métalliques, ont maintenant la roue en bois. Ils ont dû adopter cette transformation sous la pression des clients qui veulent, disent-ils, des voitures ayant l'air de voitures de course.

Dans toutes les roues en bois des voitures de course, les rais s'engagent non pas dans un moyeu en bois, mais sont serrés entre deux tourteaux métalliques, l'un venu de fonte avec la boite du moyeu, l'autre, qu'on applique plus ou moins contre les rais avec des écrous. Ces tourteaux sont à peu près parallèles. Certains incidents survenus pendant le dernier concours des poids lourds contribueront probablement à leur faire donner des inclinaisons différentes.

La boite de moyeu, en quel métal la fait-on ? Autrefois, c'était en bronze ; actuellement on préfère l'acier, comme plus facile à obtenir avec la résistance voulue. Quant à la fusée elle est toujours en acier cémenté. Le roulement acier sur acier donne un frottement des plus faibles, il y a donc peu de chances d'échauffement. D'un autre côté, la fusée et la boite sont de même métal : le coefficient de dilatation est égal.

Cependant certains conducteurs à grande allure se sont effrayés

des conséquences que pourrait avoir, à la vitesse de 70 *km*, un arrêt brusque provenant d'un grippement. Ils ont désiré qu'on pût faire rouler la fusée en acier sur un moyeu en bronze; puis ils ont demandé qu'on fît la boîte en acier et qu'on mît une fourrure en bronze. Ils en sont satisfaits.

N'y a-t-il pas lieu cependant de se préoccuper de la différence de dilatation du bronze compris entre une boîte de moyeu et une fusée en acier? Les constructeurs et les coureurs disent : — On sera quitte pour donner plus de jeu. Peut-être aurait-on pu se contenter de recourir au même artifice et conserver le roulement acier sur acier? Mais pourquoi insister puisque si jusqu'à présent la fusée lisse dans une boîte de moyeu lisse était la règle pour les voitures de course; d'après le comte de Chasseloup-Laubat, il y aurait maintenant une tendance générale à adopter le roulement à billes. Il offre en effet un grand avantage pour les voitures de course, qui ont besoin de démarrer rapidement.

Si on se reporte aux expériences de Marcel Deprez en France et de M. Tower Beauchamp en Angleterre, on voit que si, pour éviter toute chance de gripper, on met beaucoup d'huile, le coefficient de frottement tend à croître proportionnellement au carré de la vitesse, alors que si les surfaces en contact étaient sèches, le coefficient de frottement irait en diminuant avec la vitesse. D'un autre côté, quand on démarre, comme les surfaces en contact ne sont pas convenablement lubrifiées, le frottement est notable et devient très considérable si l'on veut partir à grande allure. Ainsi, dans les tramways électriques, où le démarrage à grande allure est une nécessité des conditions du service, on a essayé avec succès l'emploi du roulement sur cylindres ou rouleaux.

Le roulement à billes offre le même avantage pour des voitures de course de poids moyen. Pendant longtemps, il a donné beaucoup de mécomptes; cela tenait à ce qu'il n'était pas établi dans de bonnes conditions. On croyait qu'il suffisait de mettre des billes dans une gorge quelconque pour que tout allât pour le mieux. Les travaux de M. C. Bourlet sur la bicyclette ont éclairé la question. On sait aujourd'hui dresser convenablement les surfaces de roulement des billes. D'un autre côté, une grosse difficulté, c'est l'impérieuse nécessité d'avoir des billes d'un diamètre mathématiquement égal et de dureté bien homogène. On y est arrivé pour les bicyclettes, parce qu'on produit les billes par

milliers à la fois et qu'il est dès lors facile de les trier, de manière à avoir pour un même roulement des jeux de billes convenables.

Les premiers constructeurs qui ont essayé le roulement à billes, dans le concours de fiacres, ont éprouvé des insuccès, parce que les billes n'étaient pas de même diamètre, n'étaient pas de dureté homogène ; elles se sont cassées. Quelques-uns se sont découragés. D'autres, convaincus de l'avantage de cette sorte de roulement, ont persévéré, ont obtenu des résultats assez favorables pour que la tendance actuelle soit au roulement à billes.

Après le châssis et les roues, nous avons à parler de la suspension.

La suspension a pour but de permettre à la voiture d'obéir aux variations d'accélération qui peuvent se présenter dans tous les sens et, dès lors, de faire disparaître une partie des inconvénients des chocs.

La suspension, en France, s'interpose entre les essieux et le châssis, contrairement à ce qui se fait en Amérique, où la suspension s'interpose entre le châssis et la caisse. En Amérique, on compte énormément sur l'heureux effet des bandages élastiques des pneus qui mettent, non seulement le châssis et la caisse, mais aussi les essieux et les roues à l'abri de chocs trop brutaux contre les aspérités du sol. En France, on a de même recours aux bandages élastiques; mais, dans les voitures de course, il arrive souvent que, pressé par un rival qui arrive grand train, on ne prend pas le temps de réparer un pneu crevé. Aussi a-t-on souvent lu : Un tel, avant d'arriver au contrôle, a fait 5 à 6 *km* en roulant sur bandage. Si le ressort était interposé entre le châssis et la caisse, le moteur subirait alors des trépidations qui nuiraient à sa conservation. Par conséquent, en France, tout au moins dans les voitures de course, bien qu'employant des bandages élastiques, on interpose la suspension entre essieux et caisse, pour mettre, non pas le conducteur, mais les moteurs et les organes délicats à l'abri de trop fortes trépidations.

On a essayé le bandage élastique plein et le bandage pneumatique. L'expérience a démontré que, pour les voitures de course, seul le bandage pneumatique convenait. On a tendance à employer les plus gros diamètres que l'industrie puisse fabriquer. On a commencé par 90, on est à 120 ; si l'on peut donner 150, les coureurs les adopteront volontiers. Cependant, si un pneu d'un pareil diamètre venait à éclater, ne devrait-on pas s'inquiéter quelque peu de la dénivellation qui en résulterait.

La question du pneu présente un grand intérêt. On peut se demander si on en tire tout le parti possible en ne se préoccupant pas de la possibilité de faire varier sa compression avec la nature de la chaussée. Sur une route asphaltée, une piste en ciment, sur une surface métallique, où la résistance au roulement joue le principal rôle, le pneu doit être gonflé aussi dur que l'acier. Si, au contraire, il y a quelques aspérités, il faut qu'il les boive, comme dit le grand-prêtre du pneu. Au fur et à mesure que la nature de la chaussée varie, pour tirer tout le parti possible du pneu, il faudrait pouvoir le dégonfler ou le gonfler à volonté.

La suspension interposée entre les essieux et le châssis est formée dans la voiture de course par des ressorts plats aussi bien à l'arrière qu'à l'avant. Le ressort d'avant est fixé au châssis par boulon à la partie avant et par jumelle à la partie postérieure. Le ressort d'arrière est fixé au châssis par des jumelles aux deux extrémités.

Passons maintenant à la direction. Le problème à résoudre, c'est d'obtenir que les deux fusées des roues directrices prolongées viennent rencontrer l'essieu arrière en un même point, qui est le centre instantané de rotation du véhicule. Il y a plusieurs solutions pratiques de ce problème, mais dans les voitures de course, où il importe tant de diminuer le nombre des articulations, pour éviter les chances de ferraillement des pièces, on peut dire qu'il y en a qu'une d'employée, c'est la direction à barre unique de connexion entre les deux bras des fusées. Elle peut être placée à l'avant ou à l'arrière de l'essieu; généralement, elle est placée à l'avant.

Il faut pouvoir imprimer à l'un des bras le mouvement nécessaire. Il y a d'abord à considérer l'organe de préhension sur lequel agit la main du conducteur. L'organe de préhension favori de Levassor était la barre droite. Cependant, dès 1894 et 1895, les Peugeot avaient le guidon, et au concours de Paris-Bordeaux, en 1895, il y avait une voiture Panhard et Levassor pourvu d'un volant. Le volant est maintenant seul adopté pour les voitures de course. Il est placé sur une tige inclinée par suite de la position qu'occupe le siège du conducteur à peu près au milieu du châssis et la nécessité d'aller retrouver un des bras des roues avant dépassant le châssis. La tige inclinée est terminée à son extrémité inférieure par une vis sans fin, agissant sur un secteur denté, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un écrou

portant une crémaillère. La tige qui relie la queue du secteur au bras de la roue doit réunir une pièce fixée au châssis à une pièce fixée à l'essieu c'est-à-dire étant séparées par la suspension, elle doit pouvoir prendre une certaine variation, non seulement en direction mais aussi en longueur, pour éviter que, dans ses déplacements, sous l'influence des ressorts, elle n'imprime au bras des mouvements dangereux. On a remarqué que ces variations de longueurs n'avaient aucune importance, si la tige avait à peu près une position horizontale. Dans tous les cas, comme il faut éviter à cette tige des efforts trop prononcés de traction ou de compression, elle est assemblée par rotules et ressorts lui permettant de prendre la petite variation de longueur qui lui est nécessaire.

Quand on marche à la vitesse de 70 *km* à l'heure, il importe que la direction soit stable; l'empattement de la voiture lui donne déjà une certaine fixité. Il faut aussi que les aspérités du sol n'impriment pas au bras du mécanicien des trépidations fatigantes; il est non moins important qu'un mouvement involontaire du conducteur ne donne pas à la roue une fausse direction. Nous avons dit que l'organe de transmission était une vis sans fin; on peut donner au pas de cette vis une inclinaison telle, qu'elle ne puisse pas changer de sens sans la volonté du mécanicien. On dit que cette direction est irréversible. Il ne faudrait peut-être pas, cependant, que cette irréversibilité fût absolue car, lorsque les roues viendraient à rencontrer un obstacle important, les organes de direction casseraient, les conséquences seraient désastreuses. D'ailleurs, avec l'emploi d'un volant coïncidant avec une grande multiplication, l'irréversibilité absolue est bien moins nécessaire qu'avec la barre droite.

Après la direction, nous avons à nous occuper, dans une voiture marchant à l'allure de course, de la possibilité de l'arrêter brusquement ou progressivement, suivant la nature de l'obstacle : tel est le but du freinage. Toute voiture automobile doit avoir deux freins : un frein de conduite, enclenché avec le débrayage agissant sur une couronne calée sur l'arbre du différentiel; ce frein est d'ordinaire un frein à mâchoire agissant aussi bien dans la marche avant que dans la marche arrière. Il est mû par pédale, de manière à donner au conducteur, pour ainsi dire, une troisième main. Le frein de fortune, au contraire, a pour but d'agir sur une couronne montée sur les roues, pour les cas où

l'organe de transmission du dernier arbre moteur aux roues étant cassé ou rompu, le frein de conduite n'agirait plus. Ce frein n'aurait pas besoin d'être enclenché avec le débrayage; il l'est cependant généralement. Il doit être disposé de manière à amener la simultanéité d'action sur les deux roues. Il serait dangereux d'avoir un frein qui serrât une roue avant l'autre, car il en résulterait un brusque changement de direction capable de causer les pires dangers. Si le frein de conduite agit facilement dans un sens ou dans l'autre, le frein de fortune, qui est un frein à enroulement, entraîne certaines complications pour serrer aussi bien en arrière qu'en avant, et tous les constructeurs ne le réussissent pas très bien. Souvent l'action en arrière ne se produit pas. Il faut alors avoir recours à un autre organe, qu'on appelle la béquille. Sa disposition, la manière de l'amarrer sont des problèmes que nous n'exposerons pas. Nous nous bornerons à faire remarquer l'utilité d'un câble de retenue, pour empêcher la béquille de s'écarter par trop de sa position; il faut deux cordelettes d'acier, pour la retenir à gauche et à droite. Quelquefois, la béquille est double; elle a la forme d'un triangle dont le sommet porte sur le sol et la base est fixée à la voiture; alors, il suffit alors d'une seule cordelette.

Nous voici en possession d'une voiture suspendue, dirigeable et freinée; il faut la faire mouvoir.

Le seul moteur employé sur les voitures de course est celui à mélange tonnant, du cycle à quatre temps. Jusqu'à présent, on n'emploie dans ce moteur exclusivement que de l'essence à 700 degrés. Le moteur est placé à l'avant; c'est la position qui lui convient le mieux. Les cylindres doivent être verticaux.

Combien en faut-il? Le moteur à mélange tonnant est un moteur qui n'a qu'un coup utile sur deux tours; par conséquent, à action brutale il est loin d'agir uniformément. Si la voiture n'avait pas un pouvoir adhérent assez fort, on risquerait fort de patiner sur rampe. Pour arriver à l'uniformité d'action, il vaut mieux avoir quatre cylindres, c'est le nombre qu'on a maintenant dans toutes les voitures de course.

Dans le moteur à essence, à mélange tonnant, on emploie un mélange d'air et de vapeur d'hydrocarbure, qu'on comprime au préalable de manière à le rendre parfaitement explosif. L'appareil employé pour obtenir un mélange convenable d'air et d'hydrocarbure, s'appelle le carburateur. Dans les premiers, qui

étaient à barbotage, léchage, etc., l'opération se faisait en deux fois. On obtenait de l'air à peu près saturé, auquel il fallait ajouter une certaine quantité d'air pur pour obtenir un mélange tonnant. On emploie aujourd'hui les carburateurs à pulvérisation, dans lesquels, par des chicanes, on brasse l'air avec une quantité déterminée d'essence.

Ces carburateurs à pulvérisation sont de deux genres : ceux dans lesquels l'hydrocarbure est introduit par le giclage de l'essence par suite de la dépression créée par l'aspiration du moteur : c'est le carburateur le plus employé. Il y en a d'autres dans lesquels l'essence est introduite dans le courant d'air par un distributeur à alvéoles. Avec ces derniers on est sûr que le volume d'essence introduit par coup de piston est toujours le même, quelle que soit la rapidité du moteur et la dépression produite par l'aspiration. Ceux qui ont employé le carburateur à giclage savent qu'il exige un réglage pour éviter des variations de quantité d'essence trop grandes.

Le carburateur à distributeur a fonctionné dans les dernières courses, mais il n'a pas encore été employé par les vainqueurs; les par conséquent, c'est le carburateur à giclage qui tient la corde.

Après avoir obtenu le mélange tonnant et l'avoir introduit dans le moteur, qui, après l'avoir aspiré, l'a comprimé, il faut arriver à l'enflammer.

Pendant longtemps, l'inflammation a été obtenue exclusivement par tubes incandescents, c'est-à-dire des tubes de platine portés à une température convenable. Ce procédé permet d'avoir une certaine avance à l'allumage qui dépend de la longueur des tubes au delà du brûleur. Mais, une fois établie, on ne pouvait que très difficilement, en cours de route, faire varier cette avance. On avait bien tenté d'y arriver avec des tubes de porcelaine sur lesquels, à raison de sa faible conductibilité, le point chaud avait une position plus précise qu'on pouvait faire varier en déplaçant les brûleurs. Mais la porcelaine est cassante, et il y avait de ce fait plus d'inconvénients que d'avantages.

Actuellement, on préfère l'allumage électrique.

Pendant longtemps, les grands constructeurs de voitures de course n'admettaient pas l'allumage électrique, surtout ceux qui avaient quatre cylindres ne fonctionnant pas toujours tous ensemble, mais seulement quand on avait besoin d'un supplément de puissance. Il y avait des dépôts de charbon dans les moteurs,

et souvent l'explosion n'avait pas lieu. Comme ces ratés étaient fréquents, ils ont bien longtemps préféré l'inflammation par tubes à incandescence. Mais, au fur et à mesure que l'inflammation électrique a fait ses preuves sur les voitures de promenade, les coureurs l'ont réclamée. Si les fabricants ne tiennent pas toujours compte des désirs des clients, il n'en est pas de même pour les rois de la route, qui savent se faire écouter des princes de la construction. Leur voiture de course profite des perfectionnements dont ils demandent l'application. Si le succès de la course les sanctionne, c'est définitivement adopté. C'est ce qui est arrivé pour l'allumage électrique. Il a des inconvénients; quelquefois, on s'arrête : c'est une avarie à la bougie ou c'est le fil de platine qui est couvert de produits charbonneux. On a étudié toutes les causes de ces ennuis et on est arrivé à les éviter et même à faire jaillir l'étincelle en même temps dans les quatre cylindres, tout en obtenant qu'il n'y ait d'explosion que dans le cylindre où c'est opportun. En vertu de ce principe que, dans une voiture de course, il ne faut que des organes robustes et simples, ce dispositif sera adopté, car il dispene d'un commutateur.

Nous avons maintenant à parler de l'étincelle. Il faut obtenir une étincelle chaude et puissante. L'étincelle d'ouverture de circuit suffit-elle? Faut-il recourir à l'étincelle de rupture? Quelle source d'énergie employer? la pile sèche? les accumulateurs? ou les magnéto? Ces questions ne sont pas encore résolues.

Par le fait même de la haute température produite par l'explosion, le moteur s'échauffe. Ceci a deux inconvénients : le premier, d'empêcher la lubrification du piston; le second, en augmentant la température et le volume de l'air carburé aspiré, de diminuer le poids du combustible introduit à chaque coup de piston. Le refroidissement permettra non seulement une bonne lubrification du piston et des parois du cylindre, mais aussi d'augmenter le poids de l'air carburé introduit dans le piston.

Le refroidissement par l'action de l'air sur des ailettes a été employé dans les voitures ordinaires; mais, pour les voitures de course, il faut le refroidissement par eau, au moins pour la chambre d'explosion. Ce refroidissement peut s'obtenir soit par la vaporisation de l'eau qui entoure le moteur, soit par une circulation d'eau qui, échauffée, va se refroidir dans un réservoir et revient. Cette circulation peut s'obtenir par une pompe ou par un thermo-siphon.

On préfère la pompe. Longtemps elle était centrifuge et ac-

tionnée directement par le volant; cette position avait un inconvénient : c'était sur la pompe que se vengeaient tous les chiens qu'on écrasait. Pendant longtemps, on s'est contenté de ces deux dispositifs. Aujourd'hui, non content de relever la pompe, on la place dans le réservoir disposé au-dessus du moteur. Mais, pour la voiture de tourisme, une maison de construction a adopté les radiateurs ou condenseurs de surface; les conducteurs des voitures de course ont appris qu'avec ces radiateurs on évitait les arrêts pour renouvellement de l'eau trop chaude. Ils ont demandé qu'on en pourvût leurs voitures. Les constructeurs ont commencé par résister en disant : vous voulez donc empêcher l'eau de circuler? Les rois de la route ont tenu bon, comme toujours les princes de la construction ont dû céder. Le résultat a été excellent et aujourd'hui les radiateurs sont employés sur toutes les voitures. Le compte rendu qui vous a été fait par M. Collin, en septembre 1895, de la course Paris-Bordeaux-Paris, nous apprend que M. Levassor était obligé de s'arrêter tous les 100 *km* pour changer l'eau de refroidissement. Dans la dernière course Paris-Toulouse, on dit que le véhicule arrivé premier est allé de Paris à Toulouse avec les 27 *l* d'eau pris au départ, sans avoir eu besoin d'en changer. Vous voyez l'avantage du radiateur.

Nous avons maintenant à nous occuper de la transmission aux roues motrices du mouvement du moteur.

Autrefois, il battait 600 à 700 coups par minute; maintenant, il tend vers 1 200 et 1 400. On comprend très bien qu'à l'origine on se soit effrayé du mouvement alternatif trop fréquent des pièces et qu'on ait adopté les coups fréquents seulement pour les petits moteurs de 1/4 ou 3/4 de cheval. Cela a servi d'exemple; on a augmenté progressivement la vitesse sur les moteurs de plusieurs chevaux, et maintenant, pour les moteurs de 24 *ch*, on bat un nombre de coups presque égal.

Dans ces conditions, il faut interposer des organes de démultiplication entre les roues et le moteur. De plus, les efforts résistants que rencontre la voiture ne sont pas constants; ils varient avec la déclivité, avec la nature de la chaussée, avec la vitesse, par suite de la pression de l'air; par conséquent, il faut interposer entre le moteur, qui a un effort constant, et les roues, des organes de démultiplication variable.

On dit souvent que le moteur à mélange tonnant a une puissance constante; c'est un effort constant qu'il faudrait dire, car la puissance du moteur varie au contraire.

L'effort moyen du coup de piston moteur est à peu près constant, dans certaines limites de vitesse, par exemple entre 400 et 700 tours ; c'est-à-dire que l'explosion et la détente se faisant dans des conditions normales, le rendement thermique est à peu près constant.

Si nous traçons la courbe de la puissance du moteur, en prenant pour abscisses la vitesse ou le nombre des coups de piston par minute et pour ordonnées la puissance correspondante, nous obtiendrons d'abord sensiblement une droite qui, prolongée dans ces limites, passerait par l'origine. Pour une vitesse plus grande, 800 tours par minute, par exemple, le rendement deviendra un peu moindre, la courbe s'écartera de cette ligne droite, en présentant sa convexité vers le haut. Pour un certain nombre de coups plus grand, le rendement deviendra assez mauvais pour que l'augmentation du nombre de coups ne compense plus le rendement plus mauvais, la puissance ira en décroissant, la courbe aura passé par un maximum, se dirigera vers le bas en baissant très rapidement.

Le but de la démultiplication et du changement de vitesse doit être pour l'automobilisme industriel de maintenir le moteur à une vitesse qui corresponde à la partie de la courbe où le rendement thermique est le meilleur, où la puissance est représentée par une ligne droite. Pour l'automobilisme de sport, on peut adopter la vitesse qui correspond à la partie de la courbe où la puissance est maximum. Nous verrons même que, dans la voiture de course, on préfère laisser le moteur s'emballer; le rendement thermique est mauvais, mais on va plus vite et c'est l'essentiel.

Pour le changement de vitesse pendant longtemps, dans les voitures de promenade, on s'est servi du train balladeur. Lorsqu'on veut changer de vitesse, pour pouvoir engrener sans choc avec la roue dentée convenable, il faut que la vitesse du véhicule ne diffère pas sensiblement de celle qu'on veut lui faire prendre. Souvent, lorsqu'on voit passer une voiture automobile obligée de modérer puis reprendre sa marche, on entend un bruit désagréable, qui prouve que le conducteur ne sait pas se servir du train balladeur. Pour éviter cet inconvénient, beaucoup de constructeurs ont imaginé des appareils où les engrenages sont toujours en prise. Fort ingénieux ces dispositifs sout aussi très compliqués, d'où des chances de panne que repoussent les conducteurs des voitures de course, du reste fort habiles dans l'art de manœuvrer le train balladeur.

C'est celui-ci qui est exclusivement employé.

Il y a encore à considérer la marche arrière, bien qu'elle ne se présente guère en cours de route, mais dans le hall de remisage. D'ailleurs, elle est imposée par le règlement.

Pendant longtemps, les constructeurs l'obtenaient par un déplacement d'un train de deux roues d'angle monté sur le différentiel; aujourd'hui quelques-uns et non des moindres, renoncent à ce dispositif et préfèrent introduire un pignon intermédiaire.

Après avoir obtenu la démultiplication nécessaire à la vitesse désirée, il faut la transmettre aux roues motrices. Celles-ci sont portées par l'essieu; au contraire, le dernier arbre moteur est fixé au châssis. Entre eux il faut donc interposer un organe déformable, tout au moins en direction. L'organe de transmission déformable adopté dans la voiture de course est la chaîne.

D'un autre côté, chaque roue ne prend pas le même mouvement dans sa piste sur la route; l'une rencontre un obstacle, l'autre n'en rencontre pas. Dans les virages, la roue intérieure doit parcourir une trajectoire moins étendue; par conséquent, il faut que la transmission comporte un organe permettant à chaque roue de prendre la vitesse qui lui convient. Cet organe est le différentiel. On le place sur un arbre intermédiaire portant les pignons reliés par chaînes aux roues motrices.

Il est essentiel, si on ne veut pas qu'elles se rompent, que ces chaînes soient disposées de manière à ne pas éprouver des variations de longueur trop considérables. Il faut donc que l'arbre moteur portant les pignons des chaînes reste toujours sensiblement à une distance constante des essieux. On y arrive en reliant ces deux pièces par des bielles d'écartement de longueur invariable. Dans quelques voitures, ces bielles sont mobiles autour de deux points ne coïncidant pas avec les axes des pièces en question, c'est une erreur. C'est parce qu'il est nécessaire de maintenir cet écartement invariable que la suspension de la voiture doit permettre le déplacement de l'essieu; il faut que la lame de ressort arrière soit à ses deux extrémités fixée aux chassis par une jumelle.

Avant d'abandonner les transmissions, faisons remarquer qu'avec les châssis en bois, il importe que les portées des divers arbres intermédiaires, surtout celles de l'arbre portant le différentiel puissent permettre un certain jeu. De là, les paliers à rotule, les joints à la cardan, etc., employés par les grands constructeurs.

Nous avons passé en revue les différentes parties de la transmission ; il est essentiel qu'elles soient toutes à l'abri de la boue et de la poussière. De même que le moteur est monté sur un carter, où se trouvent renfermés les têtes de bielle, l'arbre coudé, etc., de même l'équipage de changement de vitesse sera compris dans un carter. Également dans la direction, la vis sans fin et le secteur denté sont enveloppés de manière à être abrités. Ces carters ont été quelque temps en tôle, puis on a adopté largement l'emploi de l'aluminium. Aujourd'hui, après quelques déboires dans les portées des paliers, on se demande si réellement l'aluminium n'est pas un métal trop mou. Dans les Notes du comte de Chasseloup-Laubat, on trouve nettement affirmée l'idée que l'aluminium mérite d'être abondonné, non seulement pour les carters, mais aussi pour les cornières du chassis et les tôles de la caisse.

Nous avons vu qu'il y avait une vitesse correspondant au bon rendement du moteur ; qu'à certains moments, sur la route, la résistance éprouvait de grandes variations. Ainsi, par exemple, si, en palier, l'effort de traction est de 20 *kg* par tonne, cet effort montera à 30 et 40 *kg* si on rencontre une côte, à raison de 1 *kg* par par millimètre. Quant on part on ne connait pas exactement le trajet qu'on va faire, quand on le connait on ignore le plus souvent le profil en long et la nature de la chaussée, encore moins le temps qu'il fera. Le moteur doit donc être susceptible d'un effort moteur plus considérable qu'il ne sera peut-être nécessaire; en palier il y a intérêt à maintenir le nombre de coups de piston nécessaires : c'est le but de la régulation.

Pour diminuer le nombre de coups de piston, on peut recourir à deux procédés : soit par modification progressive du pouvoir moteur, soit par modification brusque. La modification progressive s'obtient le plus souvent en agissant sur l'aspiration, en l'étranglant plus ou moins, en diminuant la quantité d'air carburé introduit. Les partisans de l'autre système reprochent à celui-ci de modifier la compression finale et l'explosibilité du mélange. La régulation brusque par tout ou rien s'obtenait autrefois en empêchant la soupape d'échappement de s'ouvrir. Quand le piston revient en avant les produits de la combustion se dilatent sans aspiration ; ils se compriment dans le mouvement inverse du piston. Le manque d'échappement entraîne donc un manque d'explosion. Quand on a un carburateur par distribution, on peut empêcher l'arrivée de l'essence sans appor-

ter aucune modification à l'entrée de l'air ou à l'échappement des gaz brûlés.

Les partisans de la régulation progressive par l'aspiration reprochent au tout ou rien d'être un procédé brutal qui expose le mécanisme à des efforts violents lorsque le moteur repart.

Depuis quelque temps on a cherché à obtenir la régulation progressive par l'échappement en ouvrant la soupape plus ou moins. On trouve à ce dispositif le grand avantage de ne pas changer la compression ni même la composition du mélange explosif dont la quantité seule est diminuée.

Par contre, profitant de ce que pour obvier au retard de fermeture de la soupape d'aspiration on en avait supprimé l'automaticité, d'autres constructeurs ont rendu tout ou rien la régulation sur l'aspiration. Ils trouvent à ce dispositif l'avantage de pouvoir, par le vide qui se produit en arrière du piston après l'expulsion des gaz brûlés, obtenir une sorte de freinage.

Les partisans du tout ou rien par l'échappement reprochent à ce système d'amplifier encore le défaut capital de la régulation progressive par l'aspiration : l'introduction dans la chambre d'explosion du liquide lubrifiant aspiré à travers les espaces libres, entre les parois du cylindre et les segments du piston.

Quel que soit le système adopté, il y a souvent intérêt à laisser le moteur s'emballer et un dispositif, appelé accélérateur, permet d'empêcher l'action du régulateur automatique.

Dans les voitures de course, comme dans les voitures ordinaires, le moteur à explosion soumet le voyageur à des trépidations désagréables, pas tant en cours de route, du reste, qu'à l'arrêt. Les conducteurs à grande allure sont gens habitués à ces trépidations ; d'ailleurs, ils marchent toujours, ils ne recherchent pas trop l'équilibrage, si désiré des voyageurs des voitures de promenade. Ils se contentent de celui qu'on obtient en inversant les monvements des pistons dans les cylindres conjugués et par l'adjonction de pièces additionnelles faisant contrepoids aux têtes de bielles.

Les rois de la route cherchent à obtenir :

La diminution des arrêts pour renouveler l'eau de refroidissement et l'essence. Ils ont toute satisfaction car il a fallu environ 85 *l* d'essence entre Paris-Bordeaux et 27 *l* d'eau entre Paris-Toulouse ; ils peuvent donc facilement emporter avec eux ce qui est nécessaire pour n'être pas obligés de s'arrêter souvent.

Ce qu'ils désirent par dessus tout, ce sont des organes robustes et simples, facilement visitables. Ils demandent donc qu'on les débarrasse de tous les dispositifs qui, pour améliorer le rendement du moteur, le compliqueraient. Il leur faut des moteurs puissants, et tous les jours de plus en plus puissants.

Pour réaliser une belle moyenne s'ils doivent monter lentement une côte, ils devront la descendre à 100 et 110 *km* à l'heure. C'est un peu casse-cou; aussi en gens prudents et sages disent-ils : Donnez-nous le moyen de monter à 40 et 50 *km* et vous nous dispenserez de cette espèce d'acrobatie.

Nous voici arrivés à la partie des Notes de M. le comte de Chasseloup-Laubat, qui a trait à l'historique des voitures de course, et qui montre si clairement la tendance continue et progressive à l'augmentation de la vitesse de la voiture et de la puissance du moteur.

			Vitesse	Puissance
			—	—
En 1894,	course de	Paris-Rouen . . .	21,00 *km*	3,75 *ch*
En 1895,	—	Paris-Bordeaux . .	24,20	4,00
En 1896,	—	Paris-Marseille . .	25,20	6,00
En 1898,	—	Paris-Amsterdam .	44,70	12,00
En 1899,	—	Paris-Bordeaux . .	48,26	16,00

Et enfin, le vainqueur de Paris-Bordeaux a pu, dans le tour du Sud-Ouest, réaliser la vitesse de 70 *km* en moyenne, entre Pau et Bayonne.

On voit avec quelle rapidité ont cru les puissances et les vitesses. Si on rapporte ces puissances au nombre de kilogrammes par cheval-vapeur, on constate la décroissance suivante :

Paris-Rouen . . .	280 *kg*	par cheval-vapeur.
Paris-Bordeaux . .	185	—
Paris-Marseille . .	166	—
Paris-Amsterdam .	100	—
Paris-Bordeaux . .	65	—

Nous verrons tout à l'heure ce qu'était ce poids dans la course Paris-Toulouse.

Cet accroissement simultané de la puissance du moteur et de la vitesse du véhicule n'est pas uniquement l'apanage de la voiture de course; il en a été de même pour le motocycle.

En 1895, le constructeur a présenté son motocycle à l'exposi-

tion des voitures qui avaient pris part à la course Paris-Bordeaux; il a déclaré qu'il ne l'avait pas trouvé assez à point pour l'engager dans la course; ce motocycle avait une puissance de 3/4 de cheval. L'année suivante, le motocycle avait un moteur de 1 *ch* et a pu, dans la course de Paris-Marseille, atteindre une vitesse moyenne de 27 *km*.

En 1897, dans le critérium des motocycles.

La puissance était de 1,25 *ch* et la vitesse de 28,375 *km*

En 1898,	dans Paris-Amsterdam. .	puiss.	1,75 *ch*	vit.	34,7 *km*
—	dans le critérium. . . .	—	2,25	—	57,5
En 1899,	dans Paris-Bordeaux . .	—		—	
—	dans le Tour de France .	—	2,75	—	43,3
—	dans Paris-Trouville . .	—	3,25	—	58,8

En 1900, dans Nice-Marseille le moteur était de 6 *ch*.

Entre la voiture de course et le motocycle il y a un véhicule intermédiaire : la voiturette, qui a commencé à prendre part aux courses, dans Paris-Bordeaux. Elle avait alors une vitesse modeste qui a imposé aux conducteurs une fatigue incroyable à cause du nombre d'heures qu'il leur a fallu pour arriver à Bordeaux (565 *km*).

En 1899, dans Paris-Amsterdam, sur 1 393 *km*, la voiturette a obtenu une vitesse de 28,6 *km*.

Dans Paris-Boulogne, un quadricycle a atteint la vitesse moyenne de 43,700 *km*.

Pour terminer, nous donnerons les résultats de la course de Paris-Toulouse-Paris qui a été organisée par le comte de Chasseloup-Laubat, avec un soin dont on ne peut pas se faire une idée, avec un grand esprit de décision dont on se rendra compte, quand on saura que c'est seulement le lundi à midi qu'on a reçu l'avis de l'autorisation, alors que le départ devait avoir lieu le mercredi à trois heures du matin, et qu'on avait dû engager, sans savoir si elle servirait, une dépense de 10 000 *f*.

Malgré tout, le mercredi matin, à 3 h. 7 m., M. de Chasseloup-Laubat donnait le départ à :

18 voitures,
8 voiturettes,
35 motocycles,

Après avoir parcouru 713 *km*, traversé 9 départements, 72 communes et 20 centres neutralisés :

9 voitures,
3 voiturettes,
9 tricycles,

arrivaient à Toulouse, et le samedi, après un nouveau parcours de 713 *km* dans les mêmes conditions :

8 voitures,
3 voiturettes,
8 motocycles,

revenaient au point de départ.

Voici les principaux résultats de cette course : sur 8 voiturettes parties de Paris, 3 sont arrivées à Toulouse et revenues à Paris. Elles pesaient, en ordre de marche. . . . . 394 *kg*

Avec le conducteur. 465

Les vitesses moyennes de la voiturette arrivée première ont été de :

36,420 *km* de Paris à Toulouse,
42,30 de Toulouse à Limoges,
42,42 de Limoges à Paris.

On se demande avec stupéfaction comment un petit véhicule, construit aussi légèrement, a pu effectuer un parcours de 1 400 *km* avec cette constance remarquable de vitesse, surtout quand on songe qu'en revenant il avait un passager supplémentaire qui portait le poids total à 535 *kg*.

Sur 35 motocycles partis de Paris, 9 seulement sont arrivés à Toulouse, 9 sont revenus à Limoges et 8 rentrés à Paris.

Le motocycle arrivé premier avait un moteur de 7 à 8 *ch* refroidi par ailettes, ses vitesses moyennes ont été :

58,560 *km* de Paris à Toulouse,
57,120 de Toulouse à Limoges,
51,600 de Limoges à Paris.

Cette diminution de vitesse, pendant la dernière étape, s'explique facilement par la fatigue du cavalier, si on songe qu'il a reçu dans le bas de la colonne vertébrale, les secousses violentes de plus d'un million d'explosions.

Ce motocycle pesait, avec son cavalier, 230 *kg*.

Sur 18 voitures parties de Paris, 9 sont arrivées à Toulouse, 9 sont revenues à Limoges et 8 à Paris.

Les vitesses moyennes des deux premières ont été :

	Paris-Toulouse	Toulouse-Limoges	Limoges-Paris
	—	—	—
Première	68,180 *km*	63,600 *km*	63,312 *km*
Seconde	55,260	65,460	69,840

Le poids par cheval-vapeur semble avoir été de 43 *kg* pour la première voiture et de 45 pour la deuxième.

Si le comte de Chasseloup-Laubat avait lu son travail, il ne vous aurait probablement pas dit la raison de l'accroissement de vitesse si remarquable de la seconde voiture après le séjour à Toulouse.

A son absence, vous gagnerez cette explication.

La voiture lui appartenait. Il l'avait améliorée dans tous ses détails. Il l'avait munie de tout ce qui lui pouvait assurer la victoire dans une course qu'il ambitionnait de faire.

Je suis de ceux dont l'amitié inquiète l'a empêché de réaliser son désir le plus cher. Il a dû la confier à un quelqu'un qui ne la connaissait pas assez, si bien que de Paris à Toulouse, il s'est un peu égaré dans tous ses perfectionnements, et n'a réalisé que 55,260 *km*. Arrivé à Toulouse, il a dû avouer son embarras au comte de Chasseloup-Laubat qui lui a donné pour le retour tous conseils utiles.

Le véritable triomphateur de la course Paris-Toulouse-Paris est le comte de Chasseloup-Laubat, son organisateur et le propriétaire de la voiture arrivée seconde.

Voilà ce que je m'étais chargé de dire sur la voiture automobile. Si j'ai su exprimer clairement la pensée de mon ami, vous devez avoir une idée fort nette de la voiture de course, ce prototype de la locomotion automobile sur routes.

II

COMPTE RENDU DES CONCOURS

DE

MOTOCYCLES, VOITURETTES ET VOITURES DE TOURISME (1)

PAR

M. G. FORESTIER

L'Exposition universelle de 1900 a institué plusieurs catégories de concours internationaux de sport et d'exercices physiques; la 7e catégorie comprenait six concours d'automobiles dont l'organisation a été confiée à l'Automile-Club de France.

Pour me permettre de rendre compte avec quelques détails de ce qui se rapporte aux concours de motocycles, voiturettes et voitures de tourisme, le président a bien voulu m'autoriser à ne traiter des voitures industrielles que dans la prochaine séance.

Je ne suivrai pas l'ordre chronologique des concours, mais j'en rendrai compte de manière à étudier les voitures dans l'ordre croissant de la complication de leur mécanisme.

Le concours de motocycles qui a eu lieu à Vincennes, comportait 815 *km* à faire en cinq jours sur la piste du lac Daumesnil, d'un développement de 2 290 *m*, soit 350 tours en tout ou 70 par jour : 30 tours le matin et 40 tours le soir.

A ce concours ont pris part plusieurs motocyclettes. Nous avons ainsi pu étudier les différents systèmes adoptés pour relier le moteur à la roue motrice.

Le plus simple consiste à placer le moteur à l'avant en le fixant sur la tige du guidon de direction. Dans cette situation, il fait corps avec la roue. La transmission est des plus simples : il suffit de relier par une couroie la gorge du volant et celle d'une couronne fixée à la roue motrice.

Dans cette motocyclette construite et présentée par M. Werner, qui a reçu une médaille d'or, la puissance du moteur était de 1 1/4 *ch*, son poids était de 9 *kg*. L'appareil pesait en tout 42 *kg* avec son approvisionnement d'essence. Elle a effectué les 815 *km*

(1) Communication faite à la séance du 15 février 1901.

avec des vitesses moyennes qui, suivant les jours, ont varié entre 47,700 *km* et 34 *km* par heure. On avait manifesté quelque inquiétude au sujet de ce dispositif; on craignait que le poids du moteur, qui pesait 9 *kg*, ne compromît l'équilibre. Aucun accident n'a eu lieu.

Une autre motocyclette de ce système a pris part au concours ; à l'Exposition du Grand Palais, nous en avons vu une autre dans laquelle, au lieu de faire passer la courroie sur la gorge d'une couronne placée à la roue avant : motrice-directrice, on l'envoyait sur une couronne placée sur la roue arrière, motrice comme dans les bicyclettes ordinaires.

On peut aussi fixer le moteur à l'une des tiges à peu près verticales du cadre, entre la roue avant et la roue arrière. Dans ces conditions, on place la roue à gorge sur le pédalier.

A l'exposition du Grand Palais, nous avons vu la motocyclette Jochum qui présente ce dispositif, mais la courroie y est remplacée par une chaîne.

Dans les bicyclettes du concours, le refroidissement du moteur était obtenu par le contact de l'air avec les ailettes du moteur, soit venues de fonte, soit accolées.

Dans la bicyclette Jochum, le constructeur a eu peur que ce mode de refroidissement ne fût pas suffisant et a monté sur le volant, des ailettes de ventilateur. Si on songe que dans la course Paris-Toulouse, les moteurs des motocycles de Dion de 8*ch* n'avaient que des ailettes, on trouvera peut-être exagérée la précaution prise dans la motocyclette Jochum.

Enfin, on a donné au moteur une troisième position. On l'a placé à l'arrière de la roue motrice, porté par le prolongement des deux fourches qui embrassent l'essieu. On reproche à cette position une tendance à faire basculer l'appareil dans les rampes. Au concours, nous n'avons pas vu de motocyclettes de ce genre.

Avec la motocyclette, on a le véhicule automobile le plus simple : un moteur, une courroie réunissant le volant à une couronne fixée à l'une des roues motrices.

On pourrait être porté à penser que la motocyclette est un simple joujou ; cependant un commandant d'artillerie, très au courant de toutes ces questions, nous a affirmé qu'avec un mécanicien habile, un officier habitué au tandem pourrait facilement faire un assez long parcours, même sur un chemin où un motocycle ne pourrait pas passer.

Dans ces conditions, il est intéressant de savoir ce que la mo-

tocyclette Werner peut consommer d'essence. Pour faire les 815 *km*, il lui a fallu 23,850 *l*, ce qui correspond à 0,029 *l* par kilomètre.

Si nous rapportions cette consommation uniquement à la tonne-kilomètre, nous n'aurions qu'un renseignement sans valeur, car, aux vitesses atteintes, ce n'est pas seulement l'effort de roulement, mais aussi la pression de l'air qui intervient dans la résistance. Si nous faisons le calcul, en adoptant les données de M. C. Bourlet pour la bicyclette, nous voyons qu'avec la surface du cavalier et de son appareil, la pression de l'air correspond à 5 ou 6 *kg*, alors qu'avec le poids total de 100 *kg*, l'effort de roulement n'en représente guère que 1,500 *kg*. La consommation a été à la vitesse de 45,700 *km* de 1,860 *l* par poncelet-heure de résistance à la jante.

De la motocyclette, nous passons au motocycle, qui se compose d'une roue directrice à l'avant et de deux roues motrices à l'arrière.

On pourrait, comme dans la motocyclette, placer le moteur sur la tige du guidon de direction. Ce dispositif n'a pas figuré au concours, mais, à l'exposition du Grand Palais, il y avait une voiturette-tricycle de Vve Levassor et de Boisse où le moteur était placé dans cette situation. Ses constructeurs faisaient remarquer qu'il n'y avait pas à craindre le renversement de la voiturette, puisque le moteur, dans les virages, penchait vers l'intérieur de la courbe.

En général, le moteur est porté par l'essieu arrière; les deux roues arrière sont alors motrices, d'où nécessité d'un organe de plus. Dans les virages, et même en palier, les deux roues n'ont pas, en effet, la même trajectoire ni la même vitesse; il faut que le mouvement du moteur puisse se répartir entre les deux roues par un organe approprié : c'est l'organe qu'on appelle le différentiel. Le moteur, engrène directement avec le différentiel placé sur l'essieu arrière. Les roues dentées de l'arbre moteur et de la couronne du différentiel, présentent des nombres de dents calculés de manière à obtenir une démultiplication convenable. La seule difficulté de construction consiste à donner à l'essieu moteur coupé au milieu par le différentiel, une solidité convenable. On y parvient en entourant les deux parties de l'essieu par des douilles faisant corps avec les plateaux boulonnés du carter du différentiel.

Dans les motocycles, le moteur a une puissance d'environ

2 3/4 *ch*. Il est refroidi par ailettes. Le mécanisme de transmission est des plus simples; il n'y a ni changement de vitesse, ni débrayage. L'allumage étant électrique, la régulation se fait par l'avance à l'allumage manœuvré à la main.

Un grand nombre de motocycles ont figuré au concours.

Le jury a donné une médaille d'or aux deux motocycles Rochet-Petit, une médaille de vermeil au motocycle Creanche, une médaille d'argent au motocycle Luc. Tous ces motocycles étaient construits d'une manière analogue. Le moteur engrenait directement avec le différentiel, placé sur l'essieu arrière. Ils n'ont différé que par leurs consommations et leurs vitesses comme on peut le voir sur le tableau suivant (A) :

TABLEAU A. **Motocycles.**

MÉDAILLES	NOMS	POIDS à vide en kilogr.	PUISSANCE du moteur en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATION en litres par VOITURE-KILOM.	
					Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Or.	Rochet-Petit. . . .	180	2 3/4	»	»	»	»	»
Or.	Rochet-Petit. . . .	190	2 1/4	Ail.	20,600	38,400	0,0257	1,298
Vermeil . .	Créanche	130	2 3/4	Ail.	24,230	39,500	0,0300	1,100
Argent. . .	Luc.	136	2 3/4	Ail.	37,360	43,200	0,0467	2,120

Au poids du motocycle, il faut ajouter celui des approvisionnements et du cavalier. On arrive ainsi à un poids total de 250 à 300 *kg*, pour un moteur de 2 3/4 *ch*.

Si nous rapportions les consommations au véhicule-kilomètre, nous trouverions 0,025, 0,030 et 0,046, au lieu de 0,029 pour la motocyclette.

De même pour la consommation par poncelet-heure de résistance à la jante, on trouve 1,298, 1,100, 2,120 au lieu de 1,760.

Le motocycle est un appareil qui a joui d'une grande vogue. Après quelque temps, on s'est ingénié à le transformer de manière à permettre d'avoir deux places. On a d'abord eu des remorques qu'on attelait derrière. On a fini par en faire un quadricycle pour avoir un siège en avant.

Plusieurs quadricycles ont pris part au concours. Ils ne diffèrent pas des tricycles comme montage du moteur — seulement l'existence de deux roues à l'avant entraîne un système plus compliqué, pour la direction.

Alors qu'il suffisait dans le tricycle d'agir comme dans la bicyclette sur le guidon dont la tige portait la fourche de la roue directrice, il faut maintenant agir sur un mode convenable de connexion des deux roues avant.

Le mode de direction adopté pour les quadricycles est la direction que nous appelons en V; c'est-à-dire que les deux bras des roues directrices sont reliés par deux tiges aux deux branches d'un V mobile autour de sa pointe fixée au milieu de l'essieu.

Le tableau suivant (B) donne tous renseignements utiles sur les quadricycles récompensés au concours.

TABLEAU B. **Quadricycles.**

MÉDAILLES	NOMS	POIDS à vide en kilogr.	PUISSANCE du moteur en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATION en litres par VOITURE-KILOM.	
					Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Or.	Rochet-Petit. . . .	200	2 3/4	Ail.	29,760	33,600	1,3700	1,390
Argent. . .	Renaux.	200	3 1/2	Ail.	31,770	41,600	1,0000	1,560

Le quadricycle Rochet-Petit avait un moteur de 3 *ch* 1/2, malgré son poids un peu plus fort, 200 *kg*, il n'a consommé que 1.39 *kg* par Poncelet-heure de résistance à la jante.

Le concours des voiturettes comportait 800 *km* sur deux itinéraires parcourus cinq jours de suite et 34,350 *km* représentés par 15 tours de la piste du lac Daumesnil.

Les voiturettes ont été partagées en deux catégories : celles pesant 250 *kg* au plus à vide, c'est-à-dire sans pièces de rechange ni approvisionnement; celles pesant plus de 250 *kg* et moins de 400 *kg* dans les mêmes conditions.

Après avoir transformé le motocycle en quadricycle, qui, s'il présentait à l'avant une place convenablement suspendue ne donnait au cavalier qu'un siège rudimentaire, il était naturel qu'on cherchât à procurer aux deux compagnons de route deux places confortables l'une à côté de l'autre; c'est-à-dire qu'on transformât le quadricycle en voiturette. Entre la voiturette de 250 *kg* (première catégorie du concours) et un quadricycle, il n'y a pas de différence quant à la complication du mécanisme.

Le tableau suivant (C) donne les détails nécessaires sur les voiturettes de 250 *kg* récompensées.

TABLEAU C. **Voiturettes.** — *1re catégorie :* PESANT A VIDE 250 *kg.*

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogr.	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE RÉGULATION	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATIONS EN LITRES						
								TOTALES		PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		Par Poncelet-heure. Résistance à la jante sur la piste
						Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
Or.	Gladiator.	250 V 300 M 400 C	3 (Aster)	Eau Pompe	Électricité Néant	25	34,000	48,5	2,26	0,057	0,065	0,129	0,150	1,950
Vermeil.	G. Richard.	250 V 260 M 400 C	3	Ailettes Ventilateur	Électricité Néant	21	28,200	68,0	3,850	0,084	0,112	0,205	0,276	4,000

ABRÉVIATIONS. — V, à vide; — M, en ordre de marche; — C, en charge.

La puissance des moteurs était un peu plus considérable; 3 *ch* au lieu de 2 *ch* 3/4; de même le poids en charge 400 *kg* au lieu de 200 *kg*. On a craint que le simple refroidissement par ailettes ne suffise pas. Pour le moteur Gladiator on a employé la circulation d'eau, par pompe centrifuge; pour le moteur Georges Richard, le refroidissement est obtenu par un ventilateur, actionné par le moteur.

Avant d'aller plus loin, il y a lieu de faire une remarque au sujet du refroidissement. Les moteurs à ailettes décrits pour les motocycles étaient ceux en usage pendant l'Exposition; depuis tout en couservant pour le cylindre du moteur le refroidissement par ailettes on utilise la circulation d'eau pour la culasse et les soupapes. Ce dispositif simple et économique a donné de si bons résultats qu'il est aujourd'hui adopté par tous les constructeurs; si bien qu'a l'Exposition du Grand-Palais, on a pu voir sur une voiture Morse un moteur de 10 *ch*, avec le refroidissement par eau de la seule culasse.

Dans le motocycle et le quadricycle, le moteur placé à l'essieu arrière, engrenait avec le différentiel. Il existe des voiturettes pesant 250 *kg* et même plus de 250 où ce dispositif si simple est conservé. — Plusieurs constructeurs en ont exposé au Grand-Palais. Il n'en a pas été ainsi au concours de voiturettes. Le moteur était placé à l'avant. Dans la voiturette Gladiator une chaine réunissait le volant à un changement de vitesse, obtenu par un différentiel et friction. C'est encore là une des nouveautés de l'Exposition de 1900, employée maintenant sur presque toutes les voiturettes et même sur les motocycles. Le système consiste à réunir l'arbre moteur à l'arbre qui porte le changement de vitesse, par l'intermédiaire de deux couronnes: l'une est folle et porte un pignon satellite placé entre la denture intérieure de la couronne et un pignon denté calé sur l'arbre moteur Ce pignon intermédiaire engrène également sur la denture intérieure d'une autre couronne, dont le prolongement porte le pignon des chaînes. La première couronne peut être fixée par un cône d'embrayage sur l'arbre moteur, qui entraine alors la deuxième couronne; le pignon intermédiaire sert de taquet de liaison entre la couronne entraînée et la couronne à douille; les deux sont animées de la même vitesse que l'arbre moteur. Si on écarte le cône de friction, l'arbre moteur entraine par l'intermédiaire du pignon calé, le pignon satellite; mais, comme celui-ci rencontre une résistance sur la couronne portant la chaine, il se promène tout autour en

tournant sur lui-même sans pouvoir l'entrainer. Si, par un frein à lames, on fixe au contaire la première couronne, le pignon satellite entrainé par le pignon de l'arbre moteur et arrêté par cette couronne tourne sur lui-même en entrainant l'engrenage taillé dans l'autre couronne dont la vitesse est déterminée par le rapport du nombre des dents.

L'embrayage donne la grande vitesse, le débrayage seul entraine l'arrêt; le débrayage et la friction procurent la petite vitesse. En ce moment il existe un grand nombre de changements de vitesse fondés sur ce principe.

Dans la voiturette Georges Richard, la transmission se fait par courroie toujours tendue, entre le volant du moteur et le changement de vitesse.

Ces deux voiturettes ont bien marché. Elles ont fait 815 *km*, cette fois, sur la route, avec des itinéraires très durs.

Dans la deuxième catégorie des voiturettes, la médaille d'or a été décernée à la voiturette Renault frères, du type de celle qui est arrivée première dans la course Paris-Toulouse. Dans cette voiturette, le moteur de 3 *ch* est à l'avant; le refroidissement à lieu par circulation d'eau obtenue par thermo-siphon; l'allumage est électrique, il n'y a pas de régulateur automatique de vitesse, il y a un cône d'embrayage et un changement de vitesse d'un genre spécial.

A propos des voitures de course, où on n'emploie que le train balladeur. nous avons remarqué qu'il avait l'inconvénient de ne pas toujours engrener facilement et d'exposer les dents à se briser par le contact en bout. Pour éviter cet inconvénient, quelques constructeurs ont recours à des jeux d'engrenages toujours en prise, calés au moment opportun par des dispositifs variés. D'autres, et MM. Renault frères sont du nombre, se sont dit: — S'il y a chance de rupture à engrener les roues par le côté, il n'y en aura probablement pas à les engrener sur la longueur complète des dents, en présentant les deux roues bien en face l'une de l'autre. Voici le dispositif adopté par les frères Renault pour réaliser ce desideratum. Pour la grande vitesse, l'arbre moteur est couplé directement avec l'arbre de transmission. Quand on veut changer de vitesse, on rompt l'accouplement et on approche des deux roues dentées fixées à l'arbre moteur et à l'arbre de transmission, soit à droite, soit à gauche, un équipage de deux engrenages convenables. La transmission se fait

alors par l'intermédiaire de ces engrenages auxiliaires et on obtient deux nouvelles vitesses.

Quand on veut faire marche en arrière, on rompt l'arbre portant l'un des changements de vitesse et on approche un troisième train de roues dentées dont l'une engrène avec le pignon conservé du changement de vitesse, et l'autre avec la roue dentée de l'arbre de transmission. Le mouvement est alors renversé puisque, le nombre des roues dentées est impair.

Nous avons, dans cette voiturette, à considérer la liaison entre le changement de vitesse et la couronne du différentiel porté par l'essieu arrière.

Les frères Renault ont eu recours à un arbre à la cardan, terminé par des pignons d'angle engrenant avec une roue de l'arbre du changement de vitesse et la couronne du différentiel. Le changement de vitesse est en effet suspendu, et sous l'influence des trépidations des ressorts, il y a des variations de direction et de longueur à prévoir.

Dans la voiturette de Dion, présentée par MM. Outhenin et Chalandre, qui a obtenu une médaille de vermeil, le changement de vitesse est différent. Les engrenages y sont toujours en prise, mais on peut, par des segments extensibles, caler au moment opportun sur l'arbre de transmission, l'engrenage correspondant à la vitesse à obtenir. — L'essieu arrière semble porter le différentiel; mais, conformément aux habitudes de la maison de Dion, au lieu d'être porté par l'essieu proprement dit, le différentiel est placé sur un faux essieu dont les extrémités reliées par des joints à la cardan, un différentiel passent à travers les extrémités creuses du véritable essieu. Dans les grosses voitures de Dion, les extrémités de l'arbre du différentiel sont reliées aux jantes en bois des roues par des entraîneurs en lames élastiques. Dans la voiturette, les roues à tendeurs métalliques tangentiels sont calées sur les extrémités de l'arbre du différentiel.

La voiturette Hauzer a reçu une médaille d'argent. Dans cette voiturette le changement de vitesse est à engrenages toujours en prise. On cale au moment opportun par des griffes extérieures la roue folle qui correspond à la vitesse désirée.

Ce dispositif est préféré par les coureurs parce que tout y étant visible on met de suite la main sur l'avarie cause de la panne.

Une autre médaille d'argent a été donnée à la voiturette Fernandez. L'embrayage s'y fait par un cylindre avec segments extensibles.

TABLEAU D. **Voiturettes.** — *2e catégorie* : PESANT A VIDE PLUS DE 250 *kg* ET MOINS DE 400 *kg*.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogr.	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE RÉGULATION	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATIONS EN LITRES						
								TOTALES		PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		Par Poncelet-heure. Résistance à la jante sur la piste
						Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
Or.	Renault frères.	350 V M 490 C	3 (Aster)	Thermo-siphon	Électricité — Néant	27,100	32,33	66	2,750	0,080	0,075	0,172	0,159	2,700
Vermeil.	Outhenin et Chalandre (De Dion et Bouton)	395 V 420 M 560 C	3 (De Dion)	Pompe	Électricité — Néant	27,2	34	64	3	0,0785	0,0885	0,139	0,158	2,720
Argent.	Hauzer.	365 V 380 M 520 C	3 (De Dion)	Pompe	Électricité — Néant	22	29	73	3,100	0,089	0,090	0,183	0,184	2,620
Argent.	Fernandez.	350 V 360 M 500 C	3,5	Ailettes	Électricité — Néant	24,4	37	59	3,80	0,072	0,110	0,145	0,214	2,640
Bronze.	Créanche.	395 V 410 C 550 M	3 (De Dion)	Thermo-siphon	Électricité — Néant	18	27,48	66	2,8	0,076	0,081	0,139	0,144	2,450

ABRÉVIATIONS. — V, à vide ; — M, en ordre de marche ; — C, en charge.

La voiturette Créanche a reçu une médaille de bronze. Dans cette voiturette le refroidissement a lieu par une circulation d'eau basée sur le même principe que le thermo-siphon. La transmission s'y fait par courroie. L'inconvénient de la courroie est son allongement après un certain parcours. On peut y remédier par un tendeur. M. Fernandez a préféré adopter le dispositif que l'on a vu à l'Exposition des Tuileries sur la voiturette Léon Bollée, la partie antérieure de la voiture qui porte le moteur, peut, avec une vis se déplacer en avant ou en arrière, de manière à tendre ou à détendre la courroie. Le changement de vitesse s'obtient en faisant passer les courroies sur trois poulies dont la médiane est folle; les deux poulies latérales portent des couronnes dentées, qui engrennent avec les roues de l'arbre intermédiaire portant le différentiel et les pignons de commande par chaînes, des couronnes calées sur les roues motrices. Suivant que l'on passe la courroie sur l'une ou sur l'autre, on obtient la grande ou la petite vitesse. Cette voiturette présente pour la commande des roues motrices le même dispositif par chaîne que les voitures de course, elle sert donc de transition naturelle entre le concours de voiturettes et le concours de voitures de tourisme.

Le tableau ci-contre (D) résume toutes les données relatives aux consommations constatées dans le concours de voiturettes.

Le concours de voitures de tourisme a été le premier en date; il a réuni 38 engagements. Malheureusement nous avons été gênés par les circonstances. Ce concours comportait 815 *km*, en 5 jours, sur 4 itinéraires différents et 34,350 *km* sur la piste du lac Daumesnil.

Ce que ce concours a présenté de plus intéressant c'est la réunion de nombreuses voitures de tous types qui nous a permis de recueillir sur leurs consommations des renseignements précieux.

Les voitures engagées ont été réparties en 4 catégories.

Première catégorie : **Voitures à 2 places.**

La première comprenait les petites voitures à deux places qui se rapprochent de la voiturette. Le poids de ces voitures est compris entre 450 et 550 *kg*. Tous leurs organes étaient de types variés.

Une médaille d'or a été attribuée à la voiture Peugeot. Le moteur comporte deux cylindres horizontaux d'une puissance totale de 3,5 *ch*, placés à l'arrière. Le refroidissement se fait par circulation d'eau produite par une pompe centrifuge. L'eau avant de revenir au moteur se refroidit dans des radiateurs.

Les moteurs plus puissants vont nous offrir, pour la régulation automatique de la vitesse, un organe que nous n'avons pas eu l'occasion d'étudier, sur les véhicules déjà décrits.

Dans les concours précédents la régulation de la vitesse était obtenue en faisant varier à la main l'avance à l'allumage électrique ou en arrêtant complètement l'étincelle. Dans la voiture Peugeot la régulation est automatique par l'action sur l'échappement d'un régulateur à force centrifuge.

On obtient ainsi la régulation de la vitesse dite par tout ou rien.

En empêchant la soupape d'échappement de s'ouvrir lorsque le piston revient en arrière, les gaz produits par l'explosion ne peuvent pas sortir. Le piston en reprenant la marche avant décomprime simplement ces gaz et n'aspire pas d'air carburé. Dès lors au tour suivant il n'y a plus d'explosion possible.

Le changement de vitesse s'obtient par train balladeur; la marche arrière par interposition d'un pignon intermédiaire. Dans cette voiture la transmission entre le train balladeur et le différentiel placé sur l'essieu arrière, se fait par chaîne.

La médaille de vermeil a été donnée à la voiture Delahaye où la transmission au changement de vitesse a lieu par courroie qu'on peut engager sur trois poulies, dont l'une donne la grande vitesse, l'autre le débrayage et la troisième les vitesses plus faibles et la marche arrière.

Le moteur a un seul cylindre horizontal d'une puissance de 4,5 *ch* est également placé à l'arrière; l'allumage est électrique.

Il n'y a pas de régulateur automatique de la vitesse. Le refroidissement par l'eau est basé sur le principe du thermo-siphon. Chose inattendue, cette voiture n'a pas de radiateurs. Le changement de vitesse et la marche arrière s'obtiennent par train balladeur. Le différentiel est placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent les pignons de commande des roues motrices.

Une des médailles d'argent a été attribuée à la voiture Rochet-Petit dont le moteur a une puissance de 6 *ch*. L'allumage est électrique. Le refroidissement se fait par circulation d'eau à

l'aide d'une pompe centrifuge. Le changement de vitesse Rochet-Petit s'obtient par engrenages toujours en prise, mais au lieu d'être disposés sur deux arbres parallèles; ils sont groupés autour d'une roue dentée centrale. Le différentiel est sur un arbre intermédiaire.

Une autre médaille d'argent a été donnée à la voiture Serpollet, caractérisée par son mode, bien connu, de génération de la vapeur. Le chauffage de la chaudière s'y fait au moyen de combustibles liquides. Le moteur, d'une puissance totale de 5 *ch*, est à 4 cylindres, à simple effet; la distribution se fait par soupapes. Une chaine transmet le mouvement de l'arbre moteur au différentiel placé sur l'essieu arrière.

Il n'y a pas de changement de vitesse, c'est en agissant sur la détente qu'on obtient la variation de puissance nécessaire pour maintenir la vitesse voulue.

Une médaille de bronze a été attribuée à la voiture de Riancey.

Cette voiture est pourvue d'un moteur à explosion du type dit équilibré.

Pour mettre les voyageurs à l'abri des trépidations désagréables, caractéristiques des voitures à moteur à essence, les constructeurs se sont ingéniés à chercher des dispositifs appropriés. Les uns ont conservé les cylindres verticaux et se sont bornés à donner aux pistons des mouvements inverses en ajoutant, comme dans les locomotives des pièces additionnelles pour faire contrepoids aux têtes de bielle. Ils ont ainsi obtenu que le centre de gravité de l'ensemble des pièces oscillantes ne se déplace pas beaucoup. Ce dispositif est adopté notamment dans une des voitures des anciens établissements Panhard et Levassor qui figurait à l'Exposition du Grand-Palais.

Ce palliatif n'a pas paru suffisant à d'autres constructeurs; ils ont pensé qu'en plaçant les deux pistons dans un même cylindre et en produisant l'explosion entre eux, ils obtiendraient plus de fixité pour le centre de gravité. Le cylindre peut être d'ailleurs, vertical ou horizontal. Dans le moteur de Riancey, les deux pistons se déplacent horizontalement. Ils actionnent tous deux le même arbre moteur. La bielle de chaque piston est reliée à une des extrémités d'un balancier mobile autour de son milieu dans un plan vertical, l'autre extrémité est reliée par une bielle à un coude de l'arbre moteur.

La régulation automatique se fait sur l'échappement. Le changement de vitesse est obtenu par un train balladeur.

TABLEAU E. **Voitures de tourisme.** — *1re catégorie :* VOITURES A 2 PLACES.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogr.	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE RÉGULATION	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATIONS EN LITRES					
								TOTALES		PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE	
						Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Or.	Peugeot.	500 V 540 M 750 C	3,5 2 cylindres horiz.	Pompe	Tubes incand. — Sans échappem.	21,970	26,089	56,680 pour 687km 50	3,100 pour 34km 350	0,0825	0,090	0,110	0,120
Vermeil.	Delahaye.	500 V 540 M 689 C	4,5 1 cylindre horizontal	Pompe	Électricité — Sans échappem.	23,300	23,590	55,900 pour 682km 70	2,850 pour 34km 350	0,0816	0,083	0,120	0,122
Argent.	Rochet-Petit.	730 V 860 M 1 000 C	6 4 cylindres verticaux	Pompe	Électricité — Échappement	25,430	?	71 » pour 690km 70	3,000 pour 34km 350	0,102	0,087	0,102	0,087
Argent.	Serpollet.	550 V 650 M 790 C	5 Vapeur. 2 cyl. hor.	»	»	25,500	32,200	144 pour 687km 50	6,700 pour 34km 350	0,209	0,195	0,264	0,246
Bronze.	De Riancey.	520 V 560 M 700 C	4,75 Équilibré Cyl. horiz.	Pompe	Électricité — Échappement	24,500	27,600	65 pour 688km	3,350 pour 34km 350	0,094	0,097	0,137	0,138
Bronze.	Penault.	790 V 870 M 1 080 C	5,50	Pompe	Électricité Pas de régul. automatique	21,100	31,700	85,5 pour 516km	2,850 pour 34km 350	0,165	0,083	0,150	0,077
Hors concours	Chaboche.	» V » M 3 100 C	» Vapeur 3 cyl. vert.	»	»	»	»	»	»	0kg 740 Houille	0kg 500 Houille	0kg 246 Houille	0kg 166 Houille

NOTA. — Pour les voitures de tourisme, le poids étant un peu plus considérable que pour les voiturettes, la déformation de la chaussée est un peu plus accentuée, et nous avons admis que le roulement, au lieu de 18 *kg* par tonne, exigerait un effort de 20 *kg* par tonne.

Le calcul en Poncelet de résistance à la jante a été fait dans cette hypothèse, ce qui nous a conduit à la consommation de 1,90 *l* par Poncelet-heure de résistance à la jante, dans la voiture Peugeot.

Une autre médaille de bronze a été donnée à la voiture Penelle où la transmission se fait par courroie avec tendeurs.

Dans la catégorie des voitures de tourisme à deux places a figuré une voiture à vapeur chauffée à la houille, construite et conduite par M. Chaboche. Une avarie à l'essieu arrière qui portait le différentiel l'a empêchée d'accomplir tous les parcours mais divers dispositifs étaient trop intéressants pour que nous les passions sous silence.

La chaudière dans laquelle on injectait l'eau au fur et à mesure des besoins se composait de cinq groupes de tubes d'acier enroulés en solenoïde.

La pression de la vapeur produite variait de 10 à 30 *atm*.

Le moteur se composait de trois cylindres verticaux. Le nombre de coups était de 300 à la minute. La puissance totale était de 10 à 12 *ch* avec l'introduction de vapeur pendant 30 0/0 de la course.

Le tableau ci-contre, E, donne les consommations des voitures de la première catégorie, constatées pendant le concours.

Deuxième Catégorie : **Voitures à 4 places.**

Une médaille d'or a été donnée à la voiture Delahaye. Cette voiture ne différait que par la caisse et par la puissance du moteur (6 *ch*) de la voiture du même constructeur déjà décrite ; notons cependant, qu'elle avait des radiateurs.

Une autre médaille d'or a été attribuée à la voiture de Diétrich. Le moteur, à deux cylindres horizontaux, est aussi placé à l'avant ; sa puissance est de 9 *ch*. La transmission se fait par une courroie qui réunit le volant du moteur à un équipage de deux poulies, dont l'une folle et l'autre fixée à l'arbre du changement de vitesse par train balladeur. Entre le changement de vitesse et les couronnes des roues motrices, la transmission est acatène, c'est-à-dire par tige à la cardan pourvue de deux pignons d'angle.

Le refroidissement est obtenu par la vaporisation de l'eau. La température est constante. La vapeur d'eau passe dans un radiateur où elle se condense. La quantité d'eau perdue est remplacée par celle qui est contenue dans un réservoir supérieur. Ce mode de refroidissement, caractéristique de la maison de Diétrich, n'a pas été employé pour la voiture qu'elle a engagée dans la course Paris-Toulouse. Cette voiture est, en effet, pourvue du refroidissement

par circulation d'eau obtenue par une pompe. Il peut être assez curieux de noter qu'au moment où le refroidissement par vaporisation semble devoir être abandonné par ses premiers adeptes, il soit adopté par la maison Gillet et Forest, comme on l'a pu voir à l'Exposition du Grand-Palais.

Dans leur voiture de course, MM. de Diétrich et Cie ont dû, faute de place, renoncer également à la poulie folle de leur transmission ordinaire par courroie et la remplacer par un cône d'embrayage. Ils auraient pu placer ce cône entre le volant et la première poulie, ce qui leur eut évité d'avoir une courroie toujours en mouvement. Ils ont préféré le placer près du changement de vitesse pour augmenter la masse du volant du moteur.

Une médaille de vermeil a été donnée à la voiture Brouhot. Ce qu'elle présente de particulier, c'est l'encliquetage substitué au différentiel. Le moteur est d'une puissance de 7 *ch*. Le changement de vitesse entraine, par roues dentées, l'essieu arrière ; pour permettre à chaque roue de prendre la vitesse qui convient à sa trajectoire, il y a dans son moyeu un encliquetage grâce auquel la roue animée de la plus grande vitesse, peut tourner plus vite que l'arbre moteur, retardé par le mouvement plus lent de l'autre roue.

Une autre médaille de vermeil a été donnée à la voiture Hurtu, où le moteur était de la puissance de 5 *ch*. La transmission par deux courroies toujours tendues, ne donnait que deux vitesses.

Rien, dans les concours, n'autorise à dire que la transmission par courroie absorbe par frottement plus que la transmission par engrenages successifs. Par conséquent, si certains constructeurs, après avoir avoir employé lès courroies, les ont abandonnées ou ont une tendance à le faire, c'est surtout à cause des ruptures à craindre en cours de route.

Cependant, la courroie offre certains avantages ; elle peut permettre en mettant le changement de vitesse à la marche arrière, de s'en servir comme frein puissant. Mais pour réaliser ce but sans danger pour les engrenages du changement de vitesse, il faudrait que la courroie fût placée, non pas entre l'arbre du moteur et le changement de vitesse, mais bien entre le changement de vitesse et l'arbre du différentiel.

Une médaille d'argent a été donnée à la voiture Bardon. Le moteur de cette voiture, d'une puissance de 7,25 *ch* est du type dit équilibré à cylindre horizontal. Le mode de connexion du mouvement du piston avec l'arbre moteur est différent de celui

adopté pour le moteur de Riancey. Ici, chaque piston est relié par une bielle à un arbre moteur spécial. Pour solidariser les mouvements des deux pistons, chaque arbre moteur porte une couronne dentée qui engrène avec un même pignon denté, fixé sur l'arbre moteur de transmission.

Une médaille d'argent a été accordée à la voiture G. Richard, qui ne différait que par la puissance de son moteur, 7 *ch* et la caisse, de la voiturette de cette maison, déjà décrite.

Enfin, une troisième médaille d'argent a été attribuée à une voiture Serpollet, dont le moteur avait une puissance de 8 *ch*.

Une médaille de bronze a été donnée à la voiture des établissements d'Anzin, qui ne présentait aucun organe caractéristique différent de ceux déjà indiqués.

En dehors de ces voitures, il y a lieu de parler de trois autres, bien qu'elles n'aient pas été primées, parce que cette absence de récompense est indépendante de leurs qualités.

La première, la voiture Gobron-Brillié ne pouvait recevoir de médaille, parce que M. Gobron faisait partie du Jury.

Le moteur de cette voiture, de la puissance de 9 *ch*, était du type dit équilibré à cylindres verticaux. Les pistons qui se déplacent verticalement ont leurs mouvements solidarisés par le dispositif suivant. Les deux inférieurs ont leurs bielles reliées directement aux coudes de l'arbre moteur. Les deux pistons supérieurs ont leurs tiges fixées à une traverse horizontale reliée par deux tiges ou bielles, à d'autres coudes du même arbre moteur. Pour compenser la masse de cette traverse et des tiges, le déplacement des pistons supérieurs est un peu plus faible que le déplacement des pistons inférieurs.

Le carburateur mérite d'être signalé, l'essence est fournie par un distributeur à alvéoles, en quantité constante et invariable pour chaque explosion.

Ce mode d'alimentation permet la régulation par tout ou rien, sans modifier la marche des soupapes. Il suffit d'empêcher l'essence d'arriver à l'alvéole. C'est alors de l'air pur qui entre dans la chambre d'explosion; et il n'y a pas de course motrice des pistons.

La direction est également fort ingénieuse. Pour obtenir que la main du conducteur soit à l'abri des légères trépidations provenant des aspérités du sol, ou inversement, que les roues soient à l'abri d'un petit mouvement involontaire du conducteur,

TABLEAU F. **Voitures de tourisme.** — 2e *catégorie* : VOITURES A 4 PLACES.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogr.	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE RÉGULATION	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure — Itinéraire	VITESSES MOYENNES — Piste	CONSOMMATION EN LITRES — Totales — Itinéraire	Totales — Piste	Par voiture-kilomètre — Itinéraire	Par voiture-kilomètre — Piste	Par tonne-kilomètre — Itinéraire	Par tonne-kilomètre — Piste
Or.	Delahaye.	970 V 1 040 M 1 320 C	6 2 cylindres horiz.	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	28,300	31,700	64,950 pour 68.km 70	3,680 pour 34km 350	0,095	0,107	0,072	0,081
Or.	De Dietrich.	1 090 V 1 200 M 1 480 C	9,5 2 cylindres horiz.	Vaporisation	Tubes incand. Progressif sur échapp.	27 »	37,472	136,13 pour 687km 50	5,500 pour 34km 350	0,198	0,160	0,134	0,108
Vermeil.	Brouhot.	910 V 1 025 M 1 305 C	7 2 cylindres horiz.	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	23,200	31,700	124 pour 687km 50	4 pour 34km 350	0,181	0,116	0,138	0,089
Vermeil.	Hurtu.	550 V 630 M 910 C	5 1 cylindre vertical	Thermo-siphon	Électricité Néant	24,300	»	75,820 pour 686km	2,640 pour 34km 350	0,110	0,076	0,120	0,083
Argent.	Bardon.	800 V 875 M 1 155 C	7,25 Équilibré 1 cyl. horiz. 2 pistons	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	26,930	38,160	105 pour 680km 70	4,400 pour 34km 350	0,154	0,128	0,133	0,110
Argent.	Georges Richard.	840 V 922 M 1 202 C	7 2 cylindres horiz.	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	23,600	31,700	116 pour 680km 70	6,200 pour 34km 350	0,170	0,180	0,141	0,150
Argent.	Serpollet.	1 150 V 1 280 M 1 560 C	8 Vapeur 4 cyl. hor.	»	»	23,700	»	197,750 pour 687km 50	»	0,287	»	0,183	»
Bronze.	Établissements d'Anzin.	1 060 V 1 200 M 1 480 C	8 2 cylindres verticaux	Pompe	Tubes Tout ou rien Échappement	24,900	»	96,600 pour 619km 50	»	0,180	»	0,121	»
Hors concours	Gobron et Brillié.	850 V 950 M 1 230 C	9 2 cyl. vert. Equilibré	Pompe	» Tout ou rien par distribution	27 »	31,700	73 pour 619km	5 pour 34km 350	0,117	0,145	0,095	0,118
Hors concours	Anciens Établissements Panhard et Levassor.	850 V 960 M 1 170 C	12 4 cylindres verticaux	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	34,250	46,800	111 pour 698km	5,770 pour 34km 350	0,109	0,115	0,004	0,098

M. Brillié a introduit dans la transmission de la direction, un organe à mouvement épicycloïdal.

Deux voitures des anciens établissements Panhard et Levassor, respectivement de 8 et 12 *ch*, ont été privées de récompense parce que, au moment où nous avions le plus grand intérêt à ne pas enfreindre les règlements de la Préfecture de Police, leurs conducteurs, malgré nos recommandations les plus pressantes, ont imprimé à leurs voitures des vitesses moyennes de 34 *km*, alors que la vitesse maximum ne pouvait pas dépasser 30 *km* en rase campagne.

Nous ne décrirons pas ces voitures, parce que dans deux autres catégories, nous aurons occasion de parler de deux voitures analogues, primées.

Nous ferons cependant remarquer que si l'une de ces voitures avait l'allumage classique par tubes incandescents, l'autre était pourvue de l'allumage électrique.

Le tableau ci-contre, F, résume les consommations des voitures de la deuxième catégorie, voitures à 4 places.

TROISIÈME CATÉGORIE : **Voitures de 6 places.**

La médaille d'or de cette catégorie a été attribuée à une voiture des anciens établissements Panhard et Levassor.

La puissance du moteur à 4 cylindres verticaux est de 8 *ch*.

L'allumage a lieu par tubes incandescents.

Le régulateur automatique agit par tout ou rien, sur l'échappement.

Le refroidissement est obtenu par circulation d'eau avec pompe et radiateurs.

La transmission comporte un cône d'embrayage. L'arbre de transmission est parallèle à l'axe de la voiture, comme l'arbre moteur; il en est de même de l'arbre auxiliaire du changement de vitesse par train balladeur. La marche arrière s'obtient en faisant engrener le pignon d'angle qui termine ce dernier arbre avec l'une ou l'autre des roues d'angle d'un train mobile sur le différentiel. Celui-ci est placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent des pignons reliés par chaînes avec des couronnes dentées, fixés aux raies en bois des roues motrices.

Une bielle d'écartement maintient constante la distance du pignon et de la couronne, malgré la flexion des ressorts.

TABLEAU G. **Voitures de tourisme.** — *3e catégorie* : VOITURES A 6 PLACES.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogr.	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE RÉGULATION	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATION EN LITRES					
								TOTALES		PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE	
						Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Or.	Anciens Établissements Panhard et Levassor.	950 V 1 070 M 1 490 C	8	Pompe	Tubes incand. Tout ou rien Échappement	26,300	31,700	130 pour 697km	5 pour 34km 650	0,187	0,145	0,125	0,097
Vermeil.	Brouhot.	1 220 V 1 340 M 1 760 C	9	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	22,100	38,880	142 pour 687km	5 pour 34km 650	0,207	0,147	0,117	0,080
Argent.	Delahaye.	900 V 1 000 M 1 420 C	6	Pompe	Électricité Tout ou rien Échappement	28,800	31,700	97 pour 697km	4 pour 34km 650	0,110	0,116	0,077	0,080

ABRÉVIATIONS. — V, à vide; — M, en ordre de marche; — C, en charge.

TABLEAU H. **Voitures de tourisme.** — *4e catégorie :* VOITURES A 6 PLACES.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogr.	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROI-DISSEMENT	ALLUMAGE RÉGULATION	VITESSES MOYENNES en kilomètres à l'heure		CONSOMMATION EN LITRES					
								TOTALES		PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE	
						Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Vermeil.	Anciens Établissements Panhard et Levassor.	2 800 V 3 050 M 4 310 C	12 4 cylindres verticaux	Pompe	Tubes incand. Tout ou rien Échappement	19,500	27,100	241km 70 pour 697km 40	000,00 pour 11km 600	0,346	0,337	0,081	0,078

ABRÉVIATIONS. — V, à vide ; — M, en ordre de marche ; — C, en charge.

La direction par vis sans fin et secteur denté est du type dit irréversible.

La médaille de vermeil a été attribuée à une voiture de la maison Brouhot, ne différant que par la caisse et la puissance du moteur (9 *ch*) de la voiture ayant figuré dans la deuxième catégorie ; nous ne la décrirons donc pas.

Il en sera de même pour la voiture Delahaye, qui a reçu la médaille d'argent. La puissance de son moteur était de 6 *ch*.

Le tableau G donne les renseignements utiles sur les consommations constatées pendant le concours pour les voitures de la troisième catégorie.

Quatrième Catégorie : **Voitures de plus de 6 places.**

Cette catégorie n'a compté qu'un seul omnibus de 18 places des anciens établissements Panhard et Levassor, qui a reçu une médaille de vermeil.

La puissance de son moteur était de 12 *ch*, le tableau (H) donne ses consommations pendant le concours.

Arrivé au terme de notre compte rendu sommaire des Concours d'automobilisme d'agrément, qu'il nous soit permis d'exprimer le regret qu'ils n'aient pas été réellement internationaux. En particulier, nous eussions été heureux de voir fonctionner sur nos itinéraires les voitures belges à moteurs mixtes (essence et électrique) dont la présence à la dernière Exposition des Tuileries avait fait naitre tant d'espérance.

Si quelques-uns leur reprochaient de réunir à la fois les chances de panne des deux moteurs, les autres voyaient dans la dynamo, montée en dérivation, enfilée sur l'arbre moteur, le volant susceptible par excellence de maintenir la constance de la marche. Lorsqu'en palier elle tournait à grande vitesse, devenue génératrice elle rechargeait les accumulateurs, et lorsque la résistance dépassait la puissance du moteur à explosion, la vitesse diminuait assez pour qu'elle devînt motrice, elle puisait l'énergie emmagasinée lorsque la puissance avait dépassé la résistance.

Il nous reste maintenant à faire ressortir quelques-uns des enseignements que les Ingénieurs peuvent tirer des consommations constatées pendant les concours.

Ce qui a fait l'intérêt de nos constatations, c'est que nous avons pu, pour toutes les voitures, les essayer sur la piste du lac Daumesnil et que nous avons été assez favorisés par le temps pour pouvoir admettre que cette chaussée a présenté les mêmes conditions de roulement pendant tous les concours.

En conséquence, les consommations relevées sur les parcours relativement considérables effectués sur cette piste sont assez nombreux pour fournir des renseignements utiles sur les rendements des moteurs des mêmes constructeurs, suivant leur puissance et les poids des voitures mises en mouvement.

Le tableau suivant (I) donne les résultats pour les moteurs Rochet-Petit, Georges Richard, Delahaye et Panhard et Levassor.

TABLEAU I.

NATURE du VÉHICULE	POIDS en CHARGE en kilogr.	VITESSES MOYENNES sur la piste en kilomètres	PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	CONSOMMATION en litres	
				PAR VOITURE-KILOM.	PAR TONNE-KILOM.
1° ROCHET-PETIT (Transmission par engrenages).					
Motocycles	250	»	2,75	0,0257	»
Quadricycles.	260	»	2,75	0,0372	»
Voiture.	1 000	»	6,00	0,0870	0,087
2° GEORGES RICHARD (Transmission par courroie).					
Voiturette.	400	»	3,00	0,1120	0,276
Voiture.	1 200	»	7,00	0,1800	0,150
3° DELAHAYE (Transmission par courroie).					
Voiture.	680	»	4,50	0,0830	0,122
Voiture.	1 320	»	6,00	0,1070	0,081
Voiture.	1 420	»	6,00	0,1160	0,080
4° PANHARD ET LEVASSOR (Transmission par engrenages).					
Voiture.	1 170	»	8,00	0,1460	0,124
Voiture.	1 455	»	12,00	0,1090	0,098
Voiture.	1 490	»	8,00	0,1450	0,097
Omnibus.	4 310	»	12,00	0,3370	0,078

Si maintenant nous comparons les consommations des voitures à vapeur chauffées au pétrole et celles des voitures à mélange tonnant alimentées par de l'essence, nous trouvons :

TABLEAU J.

NATURE du VÉHICULE	POIDS en CHARGE en kilogr.	VITESSES MOYENNES sur la piste en kilomètres	PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	CONSOMMATION en litres	
				PAR VOITURE-KILOM.	PAR TONNE-KILOM.
1° VAPEUR (Voitures Serpollet chauffée au pétrole).					
Voiture.	790	32,200	5,00	0,1950	0,246
2° ESSENCE (Delahaye).					
Voiture.	680	23,590	4,50	0,0830	0,122

Ces résultats corroborent ceux que nous avions déjà fournis dans notre communication d'août 1899 où nous disions qu'au concours de poids lourd de 1898, les voitures à vapeur avaient pour une tonne kilométrique, consommé :

Leyland (chauffage à l'essence d'épiciers) 0,300.
Serpollet (chauffage à l'huile lourde de gaz) 0,245.

Si nous multiplions ces différentes consommations par leurs pouvoirs thermiques, nous verrions que la tonne kilométrique a nécessité :

$0{,}265 \times 8\,000 = 1\,968$ calories dans la voiture Serpollet ;
$0{,}122 \times 7\,000 = 854$ — — Delahaye.

Si on admet que la tonne kilométrique a représenté un travail résistant de 20 000 *kgm*, on voit que le rendement thermique a été de :

$$\frac{20\,000}{1\,968 \times 425} = 2{,}3\ 0/0 \text{ pour la voiture à vapeur.}$$

$$\frac{20\,000}{854 \times 425} = 5{,}6\ 0/0 \text{ pour la voiture à essence.}$$

L'avantage de la voiture à mélange tonnant serait relativement plus considérable si on considérait les voitures plus lourdes où la consommation d'essence par tonne kilométrique tombe à 0 080 *f*.

La différence, en France, des prix de vente du pétrole et de l'essence, ne suffit pas pour compenser la plus grande consommation du premier.

Quoique plus souple, plus susceptible de se prêter aux varia-

tions de puissance nécessaires, le moteur à vapeur avec chauffage au combustible liquide, ne paraît pas destiné en France tout au moins à remplacer pour le tourisme le moteur à mélange tonnant.

Puisque le concours de voitures de tourisme a compté la voiture Chaboche, à vapeur chauffée à la houille, comparons ses consommations avec celles de voitures à essence d'un poids comparable, avec l'omnibus Panhard et Levassor :

TABLEAU K.

VOITURES	POIDS	VITESSES moyennes en kilomètres à l'heure	PUISSANCES	CONSOMMATIONS			
				VOITURE-kil.	EAU	TONNE-kil.	EAU
Chaboche. . . .	2 670	32,203	10 à 12 *ch*	0,785	4,39 *l*	0,300	1,68 *l*
Panhard et Levassor . .	4 310	27,100	12 *ch*	0,337	»	0,078	»

En effectuant les mêmes calculs que tout à l'heure, nous verrons que les rendements thermiques sont :

Voitures Chaboche :

$$\frac{20000}{0300\,km \times 8000 \times 425} = \frac{20000}{1020000} = 2{,}0\ 0/0.$$

Voitures Panhard et Levassor :

$$\frac{0078\,km \times 20000 \times 425}{7000} = \frac{20000}{232050} = 8{,}6\ 0/0.$$

Dans la houille, la calorie est si bon marché, tandis qu'elle coûte si cher dans l'essence, que malgré le rendement thermique élevé des moteurs à essence, le rendement économique des moteurs à vapeur chauffés à la houille, est bien préférable.

Malheureusement, la conduite du feu dans la voiture à vapeur chauffée à la houille exige un chauffeur toujours un peu souillé de poussière noire.

Sa présence sur la voiture n'est pas très sélect et malgré son économie, la voiture ainsi chauffée, n'a pas chance d'être adoptée par les touristes.

C'est ce qui explique qu'à l'Exposition du Grand-Palais, M. Chaboche n'avait exposé que des voitures chauffées au pétrole et que M. Turgan, constructeur d'une voiture à vapeur chauffée à la houille, qui a figuré au concours des poids lourds, comme prélude à une tournée en Tunisie, nous a annoncé qu'il avait mis à l'étude l'emploi du pétrole pour le chauffage de sa chaudière.

III

COMPTE RENDU

DES

CONCOURS D'AUTOMOBILISME INDUSTRIEL[1]

PAR

M. G. FORESTIER

Parmi les concours internationaux de l'Exposition universelle de 1900 dont l'organisation avait été confiée à l'Automobile-Club de France, trois concernaient l'automobilisme industriel :

Le concours dit des « Poids légers » ou petites voitures portant de 200 à 300 *kg* en colis postaux.

Le concours des voitures de service urbain, comprenant, comme les deux précédents de 1898 et 1899, le service de voyageurs : fiacres ou voitures de remise et le transport des messageries : voitures de livraison portant de 550 à 600 *kg*;

Enfin le concours dit des « Poids lourds » comprenant, comme les trois précédents de 1897, 1898 et 1899, les voitures de banlieue destinées à assurer soit le transport des voyageurs : omnibus de dix places au minimum ou le transport des messageries : voitures de livraison portant 1 000 *kg*, soit le transport des marchandises : camions portant au moins 1 *t*.

Dans l'automobilisme d'agrément et surtout de tourisme, ce dont on se préoccupe surtout, c'est la facilité des ravitaillements en combustible et en eau. On tient non moins à ce que les organes du moteur et de la transmission soient facilement accessibles à la vue et aux mains pour réduire la durée de la recherche et de la réparation des avaries.

Pour en diminuer les chances, on préfère que les mécanismes ne comportent qu'un petit nombre d'organes robustes, dut-il en résulter un moins bon rendement à compenser par une augmentation de la puissance du moteur.

Enfin, en vue du confort et de l'agrément de la promenade, on désire éviter le voisinage d'un chauffeur aux vêtements par trop

(1) Communication faite à la séance du 1er mars 1901.

couverts de poussière de charbon ou tachés d'huile; aussi, à l'Exposition du Grand-Palais, avons-nous vu les constructeurs de voitures à vapeur obligés, pour faire accepter ce moteur sur les voitures de promenade, de renoncer à l'emploi du combustible solide pour recourir au chauffage par combustible liquide beaucoup plus coûteux, même en employant, pour faciliter le ravitaillement, le pétrole des épiciers.

Dans l'automobilisme industriel où les voitures font, généralement, un service régulier, c'est-à-dire passent à des heures à peu près fixes en des points bien déterminés, les approvisionnements sont faciles à tenir prêts à l'avance; dès lors on peut employer la source d'énergie que, vu les circonstances locales, on juge devoir procurer le plus d'économie.

D'un autre côté, la voiture industrielle n'est plus conduite par son propriétaire plus ou moins expert en réparations ou soucieux de ne pas consacrer au gîte une partie de ses loisirs ou de son temps de repos à visiter son moteur; elle est confiée à un mécanicien de métier payé pour lui donner à temps tous les soins nécessaires. D'ailleurs, au moins tous les soirs, sinon même à plusieurs reprises dans la journée, elle rentre au siège de l'exploitation où il y a un atelier de réparations pourvu de tous les appareils de levage de la caisse et même de la chaudière. A raison de toutes ces facilités de visite, de soins fréquents et de réparation, les mécanismes peuvent être plus compliqués s'ils doivent, par une meilleure utilisation de l'énergie employée, procurer une économie notable : de même, le combustible employé peut avoir sans inconvénients plus de tendance à encrasser la chaudière ou le moteur s'il coûte moins cher.

Il devrait donc y avoir une différence sensible dans les divers organes d'une voiture automobile, suivant qu'elle est destinée aux voyages de tourisme ou aux services réguliers de transports industriels.

Nous verrons que les constructeurs ne semblent pas s'être préoccupés de ces considérations car, pour toutes les voitures des concours d'automobilisme industriel, les divers organes et mécanismes des châssis étaient identiques à ceux des voitures des mêmes maisons engagées dans les concours de tourisme. Peut-être sera-t-on fondé à chercher, dans cette trop grande similitude, la cause de certains prix de revient trop élevés.

Au lieu de suivre dans l'énumération des voitures qui ont pris part aux épreuves de l'automobilisme industriel l'ordre chrono-

logique des concours, nous croyons préférable de grouper les voitures d'après la nature du moteur dont elles étaient pourvues.

Nous passerons successivement en revue tous les véhicules à moteur électrique, puis toutes les voitures à moteur à mélange tonnant pour finir par celles à moteur à vapeur.

Dans chaque catégorie, nous grouperons, du reste, les voitures d'après le service auquel elles étaient affectées, dans l'ordre suivant :

Transport des voyageurs : service urbain, fiacres; service de banlieue, omnibus;

Transports des messageries : service urbain, poids légers, voitures de livraison de 5 à 600 *kg* de charge utile; service de banlieue, voitures de livraison pouvant porter 1 *t*;

Transport des marchandises : camions.

VOITURES POURVUES D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE

TRANSPORT DES VOYAGEURS

Service urbain

Fiacres ou voitures de remise.

Comme aux concours précédents de 1898 et 1899, nous comptions bien sur les voitures pourvues d'un moteur électrique pour rehausser l'intérêt du troisième concours des voitures de place automobiles. Toutes nos mesures étaient prises au hall de remisage de l'annexe de Vincennes pour procéder à toutes les constatations utiles; mais nous avons joué de malheur avec les moteurs de la classe 20 qui ont dû successivement nous fournir l'énergie électrique.

Celui avec lequel nons avions traité à l'avance n'était pas prêt. Celui que nous lui avons substitué a vu son massif de fondation se disloquer après un jour de fonctionnement. Le troisième auquel nous avons fait appel s'est arrêté pour cause de grippement de son piston moteur.

Pour terminer tant bien que mal le concours, nous avons été dans la nécessité d'envoyer les voitures à moteur électrique re-

charger leurs accumulateurs au garage de la rue Cardinet où la Société des Électromobiles les a accueillies avec une bonne grâce dont nous ne saurions trop la remercier.

Naturellement, au milieu de toutes ces vicissitudes, nul enregistrement sérieux de l'énergie fournie aux divers accumulateurs n'a pu être effectué.

Pour le concours des poids légers, la charge des accumulateurs de la voiture Ricker a eu lieu au garage de l'A.-C.-F.

Enfin, pendant le concours des poids lourds où les départs se donnaient au hall de Vincennes, nous avons eu recours à l'obligeance de l'usine Say dont le camion à marchandise prenait part à nos épreuves.

Dans ces deux établissements nous n'avons disposé d'aucun appareil enregistreur. Nous n'avons donc pu recueillir et nous ne pouvons fournir aucun renseignement précis.

C'est d'autant plus regrettable que certaines voitures ont été pourvues du nouvel accumulateur « Aigle » alors que dans tous les concours précédents nous n'avions pu étudier que les accumulateurs Fulmen.

Les trois constructeurs dont les voitures à moteur électrique ont pris part au troisième concours des voitures de place automobiles ont adopté chacun un mode différent de liaison du moteur et des roues motrices.

Dans les voitures Jeantaud, il n'y a qu'un seul moteur; il est placé sur le châssis suspendu. La transmission comporte un différentiel placé sur un arbre intermédiaire relié par pignons et chaînes aux couronnes des roues motrices placées à l'arrière.

Dans les voitures Kriéger, il y a un moteur pour chaque roue motrice qui, placée en avant, est en même temps directrice. Le moteur est porté par le pivot de la roue motrice. Ce moteur, placé en avant de la couronne dentée calée sur le moyeu, est retenu par un ressort vertical dans ses déplacements concentriques à cette couronne.

Dans les voitures Jenatzy, il y a aussi un moteur pour chaque roue motrice, mais celle-ci est en arrière; le moteur est porté par l'essieu autour duquel il peut tourner et par une lame de ressort plate fixée au châssis.

Le relevé des consommations d'énergie de ces trois voitures aurait pu fournir des renseignements utiles sur le rendement comparé de leurs moteurs et de leurs transmissions. Nous avons expliqué pourquoi nous ne pouvions donner que les vitesses

moyennes qui sont presque identiques à celles relevées dans le concours de 1899, dont le compte rendu se trouve dans le Bulletin d'août 1899 de la Société des Ingénieurs Civils de France. Cependant, grâce au dévouement des Commissaires, nous avons pu réunir des constatations en cours de route qui prouvent que les consommations d'énergie en palier et sur les rampes caractéristiques de l'itinéraire, qui était le même qu'en 1899, n'avaient pas sensiblement varié.

Nous avons donné une médaille d'or aux voitures Kriéger et une médaille de vermeil au coupé Jeantaud.

Quant aux voitures Jenatzy elles n'ont rien eu, non pas pour cause de mauvais fonctionnement, mais pour défaut d'obéissance de leur propriétaire aux recommandations qui lui avaient été faites par la Commission.

Service de banlieue.

Aucun omnibus à moteur électrique n'a pris part au concours des poids lourds.

TRANSPORT DES MESSAGERIES

Service urbain.

Poids légers.

Une voiture à moteur électrique du système Ricker a pris part à ce concours.

L'appareil caractéristique de ces voitures est le mode de pivotement adopté pour les roues directrices.

C'est dans le moyeu de la roue que se trouve le pivot autour duquel la roue directrice peut tourner pour obéir au mécanisme de direction.

Cette voiture électrique était pourvue d'accumulateurs « l'Aigle », du type E. Elle portait une charge utile moyenne de 160 *kg*. Le moteur mobile autour de l'essieu agissait directement sur la couronne du différentiel. Sa puissance était de 2,5 kilowatts, la vitesse moyenne pendant les cinq itinéraires dans Paris a été de 14,660 *km*. Le jury a donné une médaille de vermeil à cette voiture.

Voitures de livraison.

Au concours des voitures de ville a figuré une voiture de livraison, type Bon Marché, pouvant porter une charge utile de 5 à 600 *kg*, système Kriéger. Elle était identique à celle qui avait pris part aux épreuves du concours de Versailles, en 1899, car, dès cette époque M. Kriéger avait remplacé le moteur placé au-dessus du pivot par un moteur placé en avant et contrebuté par un ressort vertical, de manière qu'il fût suspendu. Dans cette position, le pignon denté du moteur engrène sur le côté de la couronne de la roue et le constructeur attribue à cette disposition une plus grande facilité pour la direction, dans le cas où par suite d'avarie on doit conduire la voiture avec un seul moteur.

Cette voiture de livraison pesait 2 000 *kg* y compris 436 *kg* d'accumulateurs Fulmen.

La vitesse moyenne a été de 10,057 *km* à l'heure dans Paris; sur la piste du lac Daumesnil, elle a atteint 15,260 *km*.

D'après les constatations des Commissaires la consommation d'énergie a été d'environ 84 watts-heure par tonne-kilomètre. C'est à peu près ce qu'on avait obtenu au concours de 1898 et 1899 pour les voitures Kriéger.

TRANSPORT DES MESSAGERIES

Service de banlieue.

Au concours des poids lourds, une voiture Ricker a effectué le service de voiture de livraison de banlieue en portant 1 *t*. Elle pesait 2 910 *kg* dont 688 *kg* d'accumulateurs du type « l'Aigle ». La vitesse commerciale a été de 14 *km*. Le poids relativement faible (688 *kg*) de ses accumulateurs pourrait inspirer quelques doutes sur la possibilité d'effectuer chaque jour 54 *km* sans les recharger si nous ne disions pas que ces parcours ont été faits en service de livraison comme pour les « petits poids ». Le matin, les 1 000 *kg* partagés en cinq colis de 200 *kg* étaient successivement déposés sur cinq points où ils étaient repris le soir par la voiture.

TRANSPORT DES MARCHANDISES

Camions.

Au concours des poids lourds, un camion à moteur électrique construit par la maison Postel-Vinay, a été engagé par la raffinerie Say.

Ce camion, d'un poids total de 22 *t* dont 2 522 *kg* d'accumulateurs porte une charge utile de 10 t. Les problèmes de construction de toute nature qui résultaient d'une pareille masse, ont été résolus par la maison Postel-Vinay dans des conditions qui méritent de faire l'objet d'une communication complète sur tous les détails de cette voiture.

Les deux tiers de cette énorme charge, soit 14,5 *t* portent sur les roues arrières et 7 *t* sur les roues avant qui sont directrices. Comme dans la voiture Jenatzy, chaque roue arrière motrice est est actionnée par un moteur distinct, mais dans le camion Say la roue est calée sur son essieu qui porte la couronne dentée sur laquelle engrène le pignon du moteur. Les essieux des deux roues ne sont pas dans le prolongement l'un de l'autre ; chacun d'eux est incliné sur l'horizontale pour donner le carrossage nécessaire. Ce dispositif n'est pas aussi nouveau qu'il peut le sembler ; vers 1820, un Anglais a imaginé ce système de roues calées sur un demi-essieu incliné pour une voiture ordinaire de promenade.

La consommation a été environ de 84 watts-heure par tonne-kilomètre en palier.

Sur les itinéraires sa vitesse a été d'environ 6 à 7 *km* à l'heure. Elle a monté la côte des Corbeaux, d'une déclivité de 10 0/0, à la vitesse de 3 *km* à l'heure. Bien que ses roues motrices aient 1,22 *m* de diamètre, sur les pavages assez médiocres de son parcours en service courant dans Paris, elles ont souvent besoin de l'aide des sablières pour remonter les dépressions de la chaussée.

Elles consomment, dit-on, 150 *kg* de sable par voyage de 5 à 6 *km*.

Avant de pouvoir remplacer tous ses camions actuels par des camions électriques, la raffinerie Say fera bien d'acquérir et d'exploiter une vaste carrière de sable.

Le tableau n° 1 résume les renseignements recueillis sur les voitures électriques pendant les concours.

TABLEAU N° 1.

Voitures électriques.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes — TOTAL	POIDS en kilogrammes — UTILE	PUISSANCE du MOTEUR en kilowatts	VITESSES MOYENNES A L'HEURE en kilomètres — Itinéraire	VITESSES MOYENNES — Piste	CONSOMMATIONS MOYENNES EN WATTHEURES — PAR VOITURE-KILOMÈTRE — Itinéraire	PAR VOITURE-KILOMÈTRE — Piste	PAR TONNE-KILOMÈTRE — Itinéraire	PAR TONNE-KILOMÈTRE — Piste
		1° FIACRES.								
Or.	Krieger (Victoria 7).	1 335 AC-B_{13}-340 *kg*	140	»	14,948	»	»	»	»	»
	Krieger (Victoria 9) (*).	1 845 AC-B_{25}-725 *kg*	280	»	13,500	»	»	»	»	»
Vermeil.	Jeantaud (Coupé).	1 510 AC-B_{17}-525 *kg*	140	»	16,274	»	»	»	84	»
		2° POIDS LÉGER.								
Vermeil.	Ricker.	1 510 AC-E_7 Aigle 465 *kg*	160	»	14,760	20 »	»	»	144	»
		3° VOITURES DE LIVRAISON (service urbain)								
Or.	Krieger.	2 000 AC-B_{17} Fulmen 437 *kg*	550	»	10,570	15,26	»	»	»	»
		4° VOITURES DE LIVRAISON (service de banlieue).								
Vermeil.	Ricker.	2 910 AC-E_8 Aigle 688 *kg*	1 000	»	13 »	14,50	»	»	88 90 84,5	»

(*) Avec ce poids d'accumulateurs (725 *kg*) la Victoria n° 9 a pu faire deux parcours ou 120 *km* sans les recharger.

Le compte rendu des voitures à moteur électrique que nous avons pu étudier pendant les concours de l'Exposition serait incomplet si nous ne parlions pas de l'omnibus à trolley automoteur, système Lombart-Gérin, dont les évolutions sur la piste du lac Daumesnil ont évidemment intéressé tous les visiteurs de l'annexe de Vincennes.

Cet omnibus, construit par la maison Jeantaud, pesait 2 400 *kg* à vide, son moteur 800 *kg*, soit en tout 3 200 *kg*. Il pouvait porter 16 à 18 personnes.

La caractéristique de cet omnibus, c'est qu'au lieu de traîner son trolley, il cheminait côte à côte avec lui, le trolley allait même un peu plus vite et devançait l'omnibus, ce qui permettait au conducteur d'en surveiller le fonctionnement.

Ce trolley automoteur qui portait sur deux fils accolés, était actionné par un moteur triphasé synchrone avec le transformateur qu'actionnait le moteur de la voiture. Grâce à cette indépendance du trolley et de l'omnibus, ils pouvaient être reliés par un lien souple formé des fils conducteurs du courant allant des fils au moteur ou réciproquement, et des fils allant du transformateur au trolley, et réciproquement. Dès lors, l'omnibus pouvait s'écarter des fils conducteurs pour éviter la voiture qu'il devait croiser ou dépasser. Ceux qui ont étudié le fonctionnement de cet omnibus ont été émerveillés de la facilité avec laquelle il évoluait au milieu des embarras de voitures.

Ils y voient la solution du problème du service régulier de transport automobile sur routes.

Ce qui nous a le plus frappé c'est que l'inventeur, au lieu de chercher à organiser des croisements ingénieux, mais délicats, pour permettre à deux omnibus de se croiser ou se dépasser, a pris la solution la plus simple, celle d'échanger les prises de courant des deux voitures.

Prix de revient de la journée des voitures électriques.

Pour les voiturettes de livraison ou poids légers, nous n'avons aucune donnée sur la question de leur prix de revient.

Pour les voitures de place automobiles, nous en sommes toujours réduits aux chiffres que nous avons fait connaître dans notre communication sur le concours de 1899. En tenant compte

des résultats de la pratique, nous serions cependant portés à les modifier comme suit :

Frais généraux	3,67 *f*
Personnel.	5,81
Matériel roulant (dont 2 *f* pour les pneus)	5, »
Accumulateurs	4,50
Énergie consommée, (12 *hwh* à 0,20 *f*) . .	2,40
Total. . . .	21,38 *f*

Nous n'insisterons pas du reste, car notre opinion personnelle est que l'accumulateur ne se prête pas au service de fiacre où le cocher doit aller à la recherche du client. Avec cette manière de faire, il risque de ne plus pouvoir disposer de l'énergie nécessaire pour effectuer les courses qu'il trouverait à faire à la fin de la journée.

Nous estimons, au contraire, que le moteur électrique convient parfaitement à la voiture de remise et encore mieux à la voiture louée au mois. A la condition de profiter de toutes les rentrées au dépôt pour recharger les accumulateurs ; on peut en effet les tenir toujours en état de supporter sans trop de dommages les à-coups qu'exige la circulation dans une ville aussi accidentée que Paris.

Dans notre communication de 1899, nous avions évalué le prix de revient d'une voiture de livraison de ville à moteur électrique pouvant porter au départ 5 à 600 *kg* et faire 60 *km* à :

Frais généraux	5,80 *f*
Personnel.	5 »
Accumulateurs	4,50
Énergie consommée	2,40
Soit au total. . .	17,70 *f*

Pas plus que pour la voiture de place, nous ne croyons que le moteur électrique convienne au service de la voiture de livraison de ville ; elle comporte trop d'arrêts et partant trop de démarrages, quelquefois dans des conditions de déclivités dommageables. En tous cas, encore plus pour ce service que pour celui des voitures de remise, faudrait-il profiter de toutes les rentrées au dépôt pour recharger les accumulateurs. Nous serions bien étonnés que certain magasin qui, sur le conseil du construc-

teur avait pris l'habitude de ne procéder à leur charge que tous les deux jours, sous prétexte que les accumulateurs pouvaient supporter 120 *km*, ait trouvé grand profit à cette manière de faire.

Nous ne pouvons résister au plaisir de transcrire le passage suivant d'une lettre publiée par l'*Auto-Vélo*, qui exprime si clairement le rôle que la voiture électrique doit se borner à remplir pour le moment :

« Aller le matin à ses occupations, dans une voiture commode, » s'arrêter, repartir sans effort ; dans l'après-midi faire un tour » au Bois dans une voiture bien suspendue et traînée sans à-coup, » faire ses visites, dans une voiture très correcte ; pouvoir laisser » sa voiture à la porte d'un théâtre, sans souci des intempéries, » voilà ce qu'on peut demander à une électrique, et voilà ce » qu'elle peut faire avec les accumulateurs actuels.

» C'est dans la locomotion électrique, à n'en pas douter, que » se trouve pour Paris la solution du problème de la traction » mécanique appliquée à la voiture d'un homme d'affaires. » Quelque dur que soit un service, par exemple celui d'un mé- » decin, dès maintenant nous pouvons le lui assurer du 1er jan- » vier au 31 décembre. »

VOITURES POURVUES D'UN MOTEUR A MÉLANGE TONNANT

TRANSPORT DES VOYAGEURS

Service urbain.

Voitures de place.

En 1898 et 1899, dans les concours de voitures des services urbains, les voitures à moteurs électriques l'avaient emporté comme nombre.

Seul, un coupé Peugeot avait pris part au concours de 1898.

En 1899, il avait été remplacé par un coupé des anciens établissements Panhard et Levassor.

En 1900, nous avons compté deux voitures de place automobiles pourvues d'un moteur à mélange tonnant.

L'une, de la maison Peugeot, a reçu une médaille d'or.

L'autre, de la maison de Riancey, a obtenu une médaille d'argent.

Les châssis de ces voitures étaient dans leurs parties essentielles, semblables à ceux des voitures des mêmes maisons déjà décrites.

Le tableau n° 2 résume les résultats constatés pendant le concours.

Pour permettre d'apprécier les progrès réalisés depuis 1898, nous donnons ci-après (tableau n° 3), les résultats des deux concours précédents :

Pour les voitures de place automobiles, la question vitale est le prix de revient de la journée-voiture.

Conformément à ce que nous avons dit plus haut pour les voitures à moteur électrique du même concours, nous admettrons pour l'ensemble des dépenses, en dehors du combustible, une somme journalière de 16,90 *f*.

Dans ces conditions, en tenant compte de l'essence employée pour chauffer les tubes incandescents et en calculant comme dans les concours précédents, nous arrivons, pour les prix de revient de la journée-voiture, aux résultats suivants :

1898.	Coupé Peugeot	16,90 + 16,05 = 32,95 *f*
1899.	Coupé Panhard	16,90 + 5,95 = 22,85
1900.	Voiture découverte Peugeot . .	16,90 + 4 » = 20,90
1900.	Voiture découverte de Riancey .	16,90 + 5 » = 21,90

Il y a à noter que, pour cette dernière voiture, il n'a pas été tenu compte de la dépense de charge et d'entretien des accumulateurs produisant l'étincelle d'inflammation.

TRANSPORT DES VOYAGEURS

Service de banlieue.

Omnibus à dix places ou plus.

Au concours des poids lourds de 1900, il n'y a eu, comme voiture de transport des personnes avec moteur à mélange tonnant, que l'omnibus des anciens établissements Panhard et Levassor, construit pour le service de seize voyageurs avec leurs bagages.

Cet omnibus, qui avait déjà pris part au concours de 1899 à

TABLEAU N° 2.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres				OBSERVATIONS
							PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		
		TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
Or.	Peugeot.	845	140	4	18,200	28,560	0,110	0,105	0,132	0,124	Y compris la consommation des brûleurs.
Argent.	De Riancey.	975	140	5	13,200	21,138	0,139	0,126	0,142	0,129	En sus, il faudrait tenir compte de la consommation d'électricité pour l'allumage.

TABLEAU N° 3.

ANNÉES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres				OBSERVATIONS
							PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		
		TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
1898	Coupé Peugeot	1 290	140	6	16,210	22,500	0,261	»	0,200	»	Y compris la consommation des brûleurs.
1899	Coupé Panhard et Levassor	1 300	140	6	18,500	25,050	0,105	»	0,080	»	

Tableau n° 2.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres				OBSERVATIONS
							PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		
		TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
Or.	Peugeot.	845	140	4	18,200	28,560	0,110	0,105	0,132	0,124	Y compris la consommation des brûleurs.
Argent.	De Riancey.	975	140	5	13,200	21,138	0,139	0,126	0,142	0,129	En sus, il faudrait tenir compte de la consommation d'électricité pour l'allumage.

TABLEAU N° 3.

ANNÉES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres				OBSERVATIONS
							PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		
		TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
1898	Coupé Peugeot	1 290	140	6	16,210	22,500	0,261	»	0,200	»	Y compris la consommation des brûleurs.
1899	Coupé Panhard et Levassor	1 300	140	6	18,500	25,050	0,105	»	0,080	»	

Versailles, revenaît des grandes manœuvres de 1900. Il a reçu une médaille d'or.

Le tableau n° 4 donne les résultats obtenus en 1899 et en 1900, tant pour cet omnibus que pour celui des mêmes établissements de la quatrième catégorie du concours de tourisme.

La diminution de vitesse au concours des poids lourds de 1900 ne tient pas au véhicule, mais bien aux itinéraires adoptés. Ils n'étaient peut-être pas plus durs comme déclivités, mais, vu les coudes assez brusques qu'on y rencontrait et le manque de longs alignements droits, l'omnibus n'a pu atteindre la même vitesse moyenne qu'à Versailles. Ces circonstances ont également influé sur la consommation.

C'est si vrai que l'omnibus de la même maison, récompensé d'une médaille de vermeil, a pu, sur les itinéraires du concours de tourisme, et surtout sur celui qui passait par Melun, atteindre une vitesse qui a porté sa moyenne à 19,500 *km*, tout en consommant notablement moins.

Ceci fait pressentir l'influence des itinéraires suivis sur la vitesse et la consommation, partant sur le prix de revient du voyageur-kilomètre déduit des constatations d'un concours.

Pour établir ce prix de revient, voici la suite des calculs à effectuer :

On compte d'abord 12 0/0 du prix d'achat pour l'intérêt et l'amortissement; on y ajoute les dépenses du personnel et du graissage, y compris les chiffons. Au total, on ajoute 10 0/0 pour frais généraux.

Faute de renseignements suffisants, on compte pour les réparations et l'entretien 11 0/0 du prix d'achat.

Reste maintenant à calculer les dépenses de combustible, qui sont fonction de la charge utile. Comme précédemment, on considère trois hypothèses : un tiers ou deux tiers de charge et charge complète. Pour chacune de ces charges, on calcule le poids total, et en le multipliant par la consommation constatée par tonne-kilomètre, puis par le nombre de kilomètres parcourus chaque jour, on a le volume d'essence brûlée. Il ne reste plus qu'à multiplier par le prix du litre et à diviser l'ensemble de toutes les dépenses par le nombre de tonnes-kilomètres utiles.

Bien des quantités, et en particulier ce dernier nombre, sont un peu arbitraires.

Ainsi, par exemple, pour déterminer le nombre des kilomètres journaliers, on multiplie la vitesse commerciale exprimée en

TABLEAU N° 4.

MÉDAILLES	NOMS	ANNÉES	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres				OBSERVATIONS
								PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		
			TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
Or (Poids Lourds)	Anciens	1900	4 620	1 600	12	11,220	»	0,456	»	0,099	»	En 1898, sur le châssis Panhard, il y avait la caisse d'une voiture de livraison de banlieue, type Louvre.
Vermeil (Tourisme)	Établissements	1900	4 310	1 260	12	19,500	27,100	0,344	0,338	0,080	0,078	
	Panhard	1899	4 260	1 200	12	14,750	»	0,464	»	0,109	»	
	et	1898	3 250	1 000	8	14,500	»	0,354	»	0,109	»	
	Levassor.	1897	3 400	1 000	12	10 à 15	»	0,499	»	0,147	»	

kilomètres à l'heure, par 10, nombre d'heures ouvrables. Cependant, il faut bien s'arrêter quelque temps pour prendre ou laisser des voyageurs, délivrer ou recevoir des colis, refaire les approvisionnements, etc.; si l'on va à une gare pour attendre le train, il n'est pas toujours à l'heure.

Pour tenir compte de ces causes de diminution de la durée du travail journalier, nous avons, suivant les circonstances, retranché 25 à 30 *km*.

Le tableau n° 5 donne les prix de revient calculé comme il vient d'être dit.

TRANSPORT DES VOYAGEURS

Omnibus des Anciens établissements Panhard et Levassor.

Concours de 1900 (Tourisme) ; Concours de 1900 (Poids lourds) ; Concours de 1899 (Poids lourds).

PRIX DE REVIENT :

1° Dépenses journalières indépendantes du trafic :

Prix d'achat : 25 000 *f*.

Intérêt et amortissement : 12 0/0. . .	$\frac{3\,000}{300} =$	10,00 *f*
Personnel (mécanicien)	$\frac{200}{25} =$	8,00
Graissage		1,50
	TOTAL . . .	19,50 *f*
Frais généraux 10 0/0		1,95
	TOTAL . . .	21,45 *f*
Entretien et réparations : 11 0/0 du prix d'achat :	$\frac{2\,750}{300} =$	9,13
	TOTAL . . .	30,58 *f*

Comme d'ordinaire, les voyageurs paient 0,10 *f* par kilomètre dans les voitures de correspondance des chemins de fer, l'entreprise du transport des voyageurs par omnibus à moteur à essence pourrait être rémunératrice.

TABLEAU N° 5. *2° Dépenses variables avec le trafic.*

		1900 TOURISME			1900 POIDS LOURDS			1899 POIDS LOURDS (VERSAILLES)		
		1/3 de charge	2/3 de charge	3/3 de charge	1/3 de charge	2/3 de charge	3/3 de charge	1/3 de charge	2/3 de charge	3/3 de charge
Poids en ordre de marche	kg	3 050	3 050	3 050	3 020	3 020	3 020	3 060	3 060	3 060
1/3 charge utile	kg	420	840	1 260	533	1 066	1 600	400	800	1 200
POIDS TOTAL	kg	3 470	3 890	4 310	3 553	4 086	4 620	3 460	3 840	4 260
Consommation par tonne-kilomètre	l	0,08	0,08	0,08	0,099	0,099	0,099	0,109	0,109	0,109
Consommation par voiture-kilomètre	l	2,776	3,112	3,44	3,517	4,045	4,573	3,77	4,20	4,64
Parcours journalier	km	150	150	150	100	100	100	130	130	130
CONSOMMATION TOTALE	l	41,40	46,6	51,50	35,17	40,45	45,73	49,00	54,6	60,32
Dépense correspondante à raison de 0,50 f le litre	f	20,70	23,30	25,75	17,58	20,22	22,86	24,5	27,3	30,16
Dépense journalière constante	f	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58	30,58
DÉPENSE TOTALE	f	51,28	53,88	56,33	48,16	50,76	53,44	55,08	57,88	60,74
Nombre de tonnes-kilomètres utiles		63	126	189	53,3	106,6	160	52	104	156
Prix de revient. par voiture-kil. utile	f	0,813	0,427	0,291	0,90	0,47	0,334	1,06	0,55	0,389
Prix de revient. par 100 kg de messageries ou par voyageur avec bagages	f	0,081	0,0427	0,0291	0,09	0,047	0,033	0,10	0,055	0,0389

TRANSPORT DES MESSAGERIES

Service urbain, Colis postaux.

Poids légers.

Le concours des poids légers n'a pu être organisé comme les autres, car les voitures étaient trop petites pour recevoir un commissaire chargé de constater les incidents des parcours et les consommations en cours de route.

Pour contrôler les parcours, on a choisi sur l'itinéraire adopté neuf dépositaires déterminés de manière qu'entre deux les concurrents ne pussent prendre un raccourci.

L'itinéraire de 28 *km* était parcouru deux fois par jour. Le point de départ et de retour était le garage de l'Automobile-Club de France. Dans la course du matin, les conducteurs déposaient leurs colis et les reprenaient dans la course du soir en faisant viser leurs feuilles de route à chaque dépôt ou reprise de colis.

Les temps écoulés entre les passages chez les divers dépositaires renseignaient sur l'importance des avaries éprouvées en cours de route par le temps employé à leurs réparations.

Pour vérifier la consommation, on scellait au départ les réservoirs pleins et on mesurait au retour ce qu'il fallait y verser pour les remplir.

Les organisateurs du concours des poids légers pensaient qu'il réunirait surtout des quadricycles ou de très petites voiturettes pesant 200 *kg* avec un coffre fermé pouvant contenir 100 *kg* de petits colis. Ces petits véhicules, du prix d'environ 2 000 *f*, leur semblaient pouvoir offrir un réel avantage aux petits commerçants pour leurs livraisons. Un coin dans l'arrière-boutique devant suffire pour remiser le quadricycle et un gamin pouvant faire les courses.

Leur espoir a été déçu. Le concours des poids légers n'a réuni aucun véhicule de ce genre, bien que deux maisons au moins en construisent et trouvent à en vendre.

Tous les châssis des voitures qui y ont pris part avaient déjà figuré au concours de voiturettes de Vincennes. La carrosserie seule était changée. Beaucoup pouvaient porter 300 *kg*.

On se bornera donc à indiquer les médailles décernées et à décrire la seule voiture qui n'avait pas été récompensée dans les autres concours.

Il y a eu deux médailles d'or décernées : l'une à la voiturette de livraison de Dion et Bouton, l'autre à celle de la maison Peugeot, qui offrait cependant une particularité digne d'être notée, ses roues étaient à tendeurs métalliques tangents.

La maison Gillet-Forest a obtenu une médaille de vermeil.

Dans cette voiturette, dont le châssis était exposé au Grand-Palais, le moteur est placé à l'avant. Le refroidissement a lieu par vaporisation. La vapeur se condense dans un radiateur à tubes verticaux en cuivre poli placés au-dessus du moteur. Le changement de vitesse s'obtient par train balladeur de longueur très réduite, grâce à un artifice qui consiste à avoir une des vitesses données par un engrenage toujours en prise calé en poussant à fond un des pignons du train mobile.

La transmission de l'arbre du train balladeur à la couronne du différentiel placé sur l'essieu arrière a lieu par pignons d'angle calés aux deux extrémités d'une tige portant un point à la cardan.

Deux médailles de bronze ont été attribuées, l'une à une voiturette Fernandez, l'autre à une voiturette Corre (construite par les frères Renault).

Le tableau n° 6 résume les résultats obtenus pendant le concours sur les 264 *km* effectués en cinq jours dans Paris et sur les 34,350 *km* parcourus sur la piste le dernier jour.

TRANSPORT DES MESSAGERIES

Service urbain.

Voitures de livraison.

Deux voitures de livraison pour service urbain ont pris part au concours : une voiture Brouhot et une voiture de Dietrich. Leurs châssis sont absolument pareils à ceux des voitures des mêmes maisons décrites dans le concours des voitures de tourisme. La première a eu une médaille d'or, la seconde une médaille de vermeil. Le tableau n° 7 résume les résultats constatés.

Le prix de revient de la journée des voitures de livraison avec moteur à mélange tonnant a été établi dans la communication d'août 1899 sur les résultats du deuxième concours de fiacres, la dépense autre que le combustible a été évaluée à 12,80 *f*.

Les prix indiqués ont été déduits des renseignements fournis avec la plus grande obligeance par les Directeurs des Grands Magasins du Louvre et du Printemps.

TABLEAU N° 6.

Poids légers.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES A L'HEURE en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES EN LITRES				
							PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE		Par 100 *kg* utiles
		TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	
Or.	De Dion et Bouton.	820	265	3,5	12,780	34,900	0,113	0,100	0,164	0,145	0,0842
Or.	Peugeot.	985	300	4	14,500	27,480	0,136	0,096	0,162	0,115	0,096
Vermeil.	Gillet et Forest.	990	300	5	13,520	33,200	0,142	0,103	0,160	0,116	0,091
Bronze.	Fernandez.	580	100	3,5	15,470	25,440	0,065	0,0465	0,120	0,087	0,123
Bronze.	Corre.	780	300	3	14,710	38	0,137	0,070	0,217	0,110	0,198

Voitures de livraison.

SERVICE URBAIN.

Itinéraires journaliers : Dans Paris, 56 km ; — Piste, 22,500 km.

TABLEAU N° 7.

Essence.

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		RAPPORT	PUISSANCE du MOTEUR en chev.-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres					
										PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE BRULÉ		PAR TONNE-KILOMÈTRE UTILE	
		TOTAL	UTILE					Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Or.	Brouhot.	2 400	1 000	»	8,0	Pompe	Électricité	14,300	25,920	0,263	0,156	0,109	0,065	0,265	0,156
Vermeil.	De Dietrich.	2 700	1 350	0,50	9,5	Vaporisation	Tubes inc.	16,800	25,920	0,270	0,288	0,100	0,106	0,200	0,212

Prix de revient de la voiture-journée pour 60 *km*, de 12,80 *f*, dépenses autres que le combustible.

Combustible : Brouhot. . . 12,426 *l* × 0,50 *f* = 6,25 + 12,80 = 19,05 *f* voiture-journée ;
De Dietrich . 12,300 *l* × 0,50 *f* = 6,15 + 12,80 = 18,95 *f* —

Ils remontent à l'époque où les voitures avec moteurs à essence commençaient à être employées industriellement. Lorsqu'il se manifestait de petites avaries, on devait envoyer les voitures chez les constructeurs. Ceux-ci, surchargés de commandes, n'avaient pas le temps de s'en occuper, et les magasins étaient privés de leurs voitures quelquefois pendant quinze jours.

C'est à ces pertes de temps considérables que M. Honoré, dans une lettre de 1897 citée dans une communication de MM. L. Périssé et R. Godfernaux (janvier 1900), attribuait le prix de revient élevé de ces voitures Depuis, les constructeurs ont organisé des ateliers de réparation et tout porte à penser que cet élément de dépenses s'en est trouvé atténué.

TRANSPORT DES MARCHANDISES

Camions.

Dans les concours précédents des poids lourds, la maison de Dietrich avait seule présenté un camion pourvu d'un moteur à mélange tonnant.

Le concours de 1900 en a réuni trois construits par les maisons Peugeot, Panhard et Levassor et de Dietrich.

Leurs châssis étant presque identiques à ceux des autres voitures déjà décrites des mêmes constructeurs, nous nous bornerons à signaler :

1° Que le camion Peugeot, vu son faible poids, avait des bandages élastiques aux quatre roues, tandis que les autres n'en avaient qu'aux roues avant ;

2° Que, dans le camion de Dietrich de 1900, le changement de vitesse, au lieu d'être en arrière des roues motrices, était placé en avant.

Le tableau n° 8 résume les résultats obtenus dans le concours de 1900 et rappelle ceux obtenus pour les camions de Dietrich dans les trois concours précédents.

Il en ressort clairement que le prix de revient va en diminuant d'année en année au fur et à mesure que la charge utile spécifique augmente.

Même à charge entière, il est encore trop élevé pour permettre à la traction mécanique par moteur à mélange tonnant de lutter avec la traction animale pour un service régulier transportant chaque jour une charge à peu près constante de marchandises de faible valeur n'ayant pas besoin d'une vitesse dépassant 4 *km* à l'heure.

TABLEAU N° 8. **Poids Lourds : Marchandises.**

MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		RAPPORT $\frac{V}{T}$	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux-vapeur	REFROIDISSEMENT	ALLUMAGE	VITESSES MOYENNES à l'heure en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES en litres			
										PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE	
		TOTAL	UTILE					Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
Or.	Peugeot.	3 080	1 500	0,487	8	Pompe.	Tubes.	13,260	15,330	0,291	0,258	0,116	0,107
Vermeil.	Panhard.	4 470	2 050	0,458	8	Pompe.	Tubes.	11,500	»	0,467	»	0,103	»
Argent.	De Dietrich.	4 410	2 500	0,566	9,5	Vaporisation.	Tubes.	12,200	16,740	0,475	0,376	0,106	0,093
1899	De Dietrich.	4 084	2 300	0,563	9,5	Vaporisation.	Tubes.	10,680	»	»	»	0,110	»
1898	De Dietrich.	3 370	1 500	0,445	9,5	Vaporisation.	Tubes.	10,800	»	»	»	0,164	»
1897	De Dietrich.	2 500	1 200	0,480	6,5	Vaporisation.	Tubes.	8,500	»	»	»	0,115	»

CALCUL DU PRIX DE REVIENT

TABLEAU N° 10. *1° Dépenses journalières indépendantes du trafic.*

	PEUGEOT	PANHARD ET LEVASSOR	DE DIETRICH 1900-1899-1898	DE DIETRICH 1897
Prix d'achat	8 000	12 000	10 000	6 000
Intérêt et amortissement 12 0/0	$\frac{960}{300} =$ 3,20	$\frac{1\,440}{300} =$ 4,80	$\frac{1\,200}{300} =$ 4,00	$\frac{720}{300} =$ 2,40
Personnel (1 mécanicien)	8,00	8,00	8,00	8,00
Graissage	1,50	1,50	1,50	1,50
TOTAL	12,70	14,30	13,50	11,90
Frais généraux 10 0/0	1,27	1,43	1,35	1,19
TOTAL	13,97	15,73	14,85	13,09
Entretien et réparations 11 0/0 du prix d'achat	$\frac{880}{300}$ 2,93	$\frac{1\,320}{300} =$ 4,40	$\frac{1\,100}{300} =$ 3,66	$\frac{660}{300} =$ 2,20
TOTAL	16,90	20,13	18,51	15,29

TABLEAU N° 9. *2° Dépenses variables avec le trafic.*

		PEUGEOT			PANHARD ET LEVASSOR			DE DIETRICH		
		1/3 de charge	2/3 de charge	3/3 de charge	1/3 de charge	2/3 de charge	3/3 de charge	1/3 de charge	2/3 de charge	3/3 de charge
Poids total en ordre de marche	kg	1 580	1 580	1 580	2 420	2 420	2 420	1 910	1 910	1 910
Charge utile	kg	500	1 000	1 500	683	1 366	2 050	833	1 666	2 500
POIDS TOTAL	kg	2 080	2 580	3 080	3 103	3 786	4 470	2 743	3 576	4 410
Consommation par tonne-kilomètre	l	115	115	115	103	103	103	106	106	106
Consommation par voiture-kilomètre	l	0,230	0,298	0,354	0,319	0,389	0,460	0,29	0,379	0,467
Parcours journalier	km	100	100	100	90	90	90	95	95	95
CONSOMMATION TOTALE	l	23,9	29,8	35,4	28,71	35,01	41,4	27,55	36,0	44,365
Dépense correspondante à raison de 0,50 *f* le litre	f	11,9	14,9	17,7	14,35	17,50	20,70	13,75	18,0	22,18
Depense journalière constante	f	16,9	16,9	16,9	20,13	20,13	20,13	18,51	18,51	18,51
DÉPENSE TOTALE	f	28,8	31,8	34,6	34,48	37,63	40,83	32,26	36,51	40,69
Nombre de tonnes-kilomètres utiles		50	100	150	61,40	122,80	184,20	79	158	237
Prix de revient par tonne-kilomètre utile	f	0,576	0,318	0,230	0,56	0,306	0,22	0,40	0,23	0,17
						En 1899		0,423	0,250	0,174
						En 1898		0,673	0,369	0,288
						En 1897		0,597	0,322	0,230

Cependant, il est assez avantageux pour permettre l'utilisation économique de cette traction mécanique pour les transports intermittents pour lesquels l'obligation de nourrir les chevaux même quand ils ne travailleraient pas, rendrait la traction animale onéreuse.

En exécutant les mêmes calculs que pour l'omnibus Panhard et Levassor, on trouve pour ces véhicules les prix de revient indiqués dans les tableaux 9 et 10.

VOITURES POURVUES D'UN MOTEUR A VAPEUR

TRANSPORT DES PERSONNES

Service urbain.

Aucune voiture avec moteur à vapeur n'a figuré au concours des voitures de place automobiles.

Service de banlieue.

Omnibus.

Le concours des Poids lourds a réuni deux voitures à vapeur, un omnibus de Dion et Bouton et la roulotte Turgan.

Cette dernière n'était pas encore entièrement achevée ; elle n'a pris part à ces épreuves que pour se préparer à un voyage en Tunisie.

Dans cette roulotte, la chaudière, chauffée à la houille, était du type Niclausse, améliorée dans ses parties essentielles par M. Turgan.

Il y avait pour chaque roue un moteur compound de 20 *ch* à cylindres horizontaux. La pression de la vapeur était de 15 *atm*, le nombre des coups de piston était de 600 par minute.

Chaque arbre moteur portait un pignon denté relié par chaîne à une couronne fixée à la roue motrice comme dans les voitures à mélange tonnant.

Le poids total de la roulotte était de 5 000 *kg* avec une charge utile de 1 000 *kg*.

Une médaille d'or a été accordée à l'omnibus construit par la maison de Dion et Bouton pour le transport de 24 voyageurs avec bagages.

TABLEAU N° 11.

VÉHICULES A VAPEUR

Poids lourds : Voyageurs.

ANNÉES	MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES A L'HEURE en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES EN COKE en kilogrammes			
								PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE	
			TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
1900	Or.	De Dion et Bouton.	8 300	1 800	35	15,00	»	2,69	»	0,325	»
1899			8 260	2 000	30	19,80	»	3,79	»	0,460	»
1898			8 380	2 000	30	14,46	»	2,68	»	0,320	»
1897			6 160	1 120	25	14,5	»	1,91	»	0,310	»

Dans cet omnibus, il n'y a qu'un seul moteur compound également à cylindres horizontaux d'une puissance totale de 35 *ch*. L'arbre moteur engrène avec un changement de vitesses (réduit à deux) par train balladeur, dont l'arbre actionne directement par engrenage la couronne du différentiel. Celui-ci est placé sur un faux essieu dont les extrémités, pourvues d'un joint à la Cardan, passent dans les fusées creuses de l'essieu et portent des entraîneurs fixés aux jantes des roues motrices.

Dans la voiture Chaboche que nous avons décrite dans le concours de tourisme et que nous retrouverons dans le concours des voitures de livraison, l'arbre moteur était relié par chaîne à la couronne du différentiel placé sur l'essieu arrière sur les extrémités duquel les roues motrices étaient calées. Dans cette voiture comme dans la roulotte Turgan, il n'y a pas de changement de vitesse.

Le tableau n° 11 résume les résultats obtenus dans le concours de 1900 et rappelle ceux constatés dans les trois concours précédents pour les omnibus de Dion et Bouton.

On constate encore ici, comme pour les omnibus Panhard une diminution de vitesse résultant de la configuration en plan des itinéraires adoptés.

En exécutant les mêmes calculs que pour l'omnibus Panhard et Levassor, on trouve pour l'omnibus de Dion et Bouton les prix de revient suivants :

1° Dépenses par journée indépendantes du trafic :

Prix d'achat 24 000 *f*.

Intérêt et amortissement : 12 0/0 . .	$\frac{2\,880}{300}$ =			9,60 *f*
Personnel : Mécanicien	$\frac{200}{25}$ =	8		
Personnel : Chauffeur	$\frac{75}{25}$ =	3		11,00
Allumage et graissage.				3,42
	Total			24,02 *f*
Frais généraux 10 0/0				2,40
	Total par jour			26,42 *f*
2° *Entretien et réparations* : 11 0/0 . .	$\frac{2\,640}{300}$ =			8,80
	Total			35,22 *f*

3° *Dépenses en combustible et eau proportionnelles au trafic.*

	1/3 DE CHARGE	2/3 DE CHARGE	3/3 DE CHARGE
Poids en ordre de marche . . . . *kg*	6.565	6.565	6.500
Charge utile . . . . *kg*	600	1.200	1.800
Poids total . . . . *kg*	7.100	7.700	8.300
Consommation par tonne-kilomètre	0,325	0,325	0,325
Consommation par omnibus-kilomètre	2,328	2,523	2,718
Parcours journalier . . . . *km*	140	140	140
Consommation journalière de coke . . . . *kg*	325	353	380
Valeur à raison de 3,50 0/0 . . . . *f*	11,35	12,35	13,31
Valeur de l'eau consommée . . . . *f*	3,50	3,50	3,50
Dépense totale journalière proportionnelle au trafic *f*	14,85	15,85	16,81

4° *Prix de revient.*

	1/3 DE CHARGE	2/3 DE CHARGE	3/3 DE CHARGE
	35,22	35,22	35,22
	14,85	15,85	16,81
Ensemble des dépenses journalières . . . . *f*	50,07	51,07	52,03
Nombre de tonnes-kilomètre utiles	84	168	252
Prix de revient de la tonne-kilomètre . . . . *f*	0,59	0,30	0,20
Prix de revient du voyageur-kilomètre avec bagages ou de 100 *kg* de messageries :			
En 1900 . . . . *f*	0,059	0,030	0,020
Ces prix de revient étaient :			
En 1899 . . . . *f*	0,047	0,024	0,017
En 1898 . . . . *f*	0,050	0,025	0,015
En 1897 . . . . *f*	0,089	0,045	0,030

On voit que le prix de revient a été en diminuant, de 1897 à 1899, et qu'en 1900 il a légèrement augmenté par suite de la plus faible vitesse commerciale atteinte.

On nous a souvent répété : vos concours sont organisés avec grand soin, vos constatations sont très exactes, vos calculs sont bien effectués, malgré tout vos prix de revient ne répondent en rien à la réalité de la pratique. Si on les prenait pour base des calculs d'une entreprise industrielle, on risquerait fort de se tromper.

Or, une entreprise de transport régulière de voyageurs avec omnibus de Dion et Bouton, fonctionne depuis le 2 avril 1899 dans la Meuse, entre Stenay et Montmédy.

Nous allons passer en revue les prix de revient de cette entreprise et voir si en somme, ils diffèrent tant que cela de ceux que nous avons déduits des constatations de nos concours.

La longueur du parcours est de 19 *km*. Le service est assuré chaque jour par deux voitures faisant trois voyages simples. Il y a une voiture de rechange. Le capital de premier établissement est de 100 000 *f*, dont 69 400 *f* employés à l'achat des voitures; le reste sert de fonds de roulement ou a permis de construire certaines installations immobilières.

Voici les dépenses annuelles effectuées par cette entreprise, réparties dans l'ordre adopté dans nos calculs précédents :

		An.	Jour.
Intérêt du capital de premier établissement, 3 0/0 de 100 000 *f*. . . .		3 000 »	8 »
Amortissement du matériel roulant, 10 0/0 de 69 400		6 940 »	19 »
Personnel	Direction	2 000 »	5,50
	Traction	7 300 »	20 »
Frais généraux, impôts, redevances, taxes, etc.		2 300 »	6,30
		21 540 »	58,80 *f*
Entretien, réparat.	Main-d'œuvre.	2 000 »	5,50
	Matières . . .	3 100 »	8 »
			72,30 *f*
Consommation de coke		12 800 »	36,10
Consommation d'eau		400 »	
Total pour deux voitures effectuant ensemble six voyages par jour . . .		39 840 » *f*	108,40 *f*
Total pour une voiture et trois voyages de 57 *km* par jour			54,20 *f*

Si après avoir divisé par deux les différents chiffres ci-dessus, on les compare avec ceux qui se rapportent au même objet dans les calculs des prix de revient basés sur les constatations des

concours, on s'apercevra que l'on ne peut reprocher à ces derniers d'être par trop différents des résultats de la pratique.

Malheureusement, dans l'entreprise de Stenay à Montmédy, le trajet journalier n'est que de 57 *km* au lieu des 140 possibles, et le nombre des places occupées n'est, en moyenne, que la moitié du nombre des places offertes.

Par conséquent, puisque le nombre journalier des omnibus-kilomètres est de :

$$114 = 6 \times 19$$

et le nombre des voyageurs-kilomètre :

$$1\,140 = 10 \times 6 \times 19,$$

le prix de revient de la voiture-kilomètre et du voyageur-kilomètre avec bagages ou 100 *kg* de messagerie sont respectivement de :

$$\text{Voiture-kilomètre} = 0{,}95 = \frac{108{,}40}{114},$$

$$\text{Voyageur-kilomètre} = 0{,}095.$$

Cependant, comme le prix des places autorisé par le cahier des charges de l'entreprise est de 0,10 *f*, l'entreprise serait viable, même sans la subvention de 300 *f* par kilomètre qui lui est allouée par l'État et le Département, par application de l'article 86 de la loi de finances de 1898.

Il peut être intéressant de noter que dans les dépenses pour entretien et réparations, les roues et leurs bandages entrent pour 1 274 *f* après un parcours de 50 000 *km*. Entre autres, les bandages des roues motrices de 0,12 *m* de largeur et 0,04 *m* d'épaisseur ont dû être remplacés après un parcours de 8 000 *km*, tandis que les bandages des roues directrices de 0,09 *m* de largeur et 0,03 *m* d'épaisseur, peuvent faire 16 000 *km*.

Si on multiplie ces parcours par les charges respectives sur chacune des roues, on voit que les bandages sont usés après :

21 200 tonnes-kilomètre pour une roue motrice:
28 000 tonnes-kilomètres pour une roue directrice.

Soit, en tenant compte des diamètres de ces roues (1,10 *m* et 0,80 *m*) après :

6 000 tours-tonne pour une roue motrice ;
11 000 tours-tonne pour une roue directrice.

TRANSPORT DES MARCHANDISES

Service urbain.

Voitures de livraison.

Le concours de voitures de place automobiles a compté au nombre des voitures qui ont pris part à ses épreuves, une voiture de livraison, type : Fabricant de boissons gazeuses, pourvue d'un moteur à vapeur, construite et conduite par M. Chaboche.

Nous ne rappellerons pas ici ce que nous avons dit du mécanisme de cette voiture qui était semblable à celle du même constructeur, engagée dans le concours des voiture de tourisme (première catégorie).

Nous nous bornerons aux indications suivantes :

Poids, à vide		2110 *kg*
Outils	30	500
Eau	230	
Houille	100	
Chauffeur et mécanicien	140	
Poids en ordre de marche		2610 *kg*
Charge utile		600
Poids total		3210 *kg*

Sa vitesse moyenne a été de **24,720** *km* sur les itinéraires.
— — 32,703 *km* sur la piste.

Sa consommation a été de :

		Itinéraire.	Piste.
Par voiture-kilomètre	Houille	0,782 *kg*	0,785 *kg*
	Eau	4,38 *l*	4,40 *l*
Par tonne-kilomètre	Houille	0,244 *kg*	0,245 *kg*
	Eau	1,36 *l*	1,37 *l*

Service de banlieue.

Un seul camion avec moteur à vapeur a pris part au concours des poids lourds de 1900.

Il appartenait à la maison de Dion et Bouton. Il a reçu une médaille d'or.

Le tableau n° 12 résume les résultats du concours de 1900 et des deux concours précédents de 1899 et 1898.

TABLEAU N° 12.

ANNÉES	MÉDAILLES	NOMS	POIDS en kilogrammes		PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur	VITESSES MOYENNES A L'HEURE en kilomètres		CONSOMMATIONS MOYENNES EN COKE en kilogrammes			
								PAR VOITURE-KILOMÈTRE		PAR TONNE-KILOMÈTRE	
			TOTAL	UTILE		Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste	Itinéraire	Piste
1900	Or.	De Dion et Bouton.	7 670	2 400	30	13,0	20,7	2,584	2,750	0,340	0,358
1899			8 840	3 300	30	14,8	»	»	»	0,310	»
1898			9 900	4 000	30	11,1	»	»	»	0,423	»

Calcul du prix de revient de la tonne-kilomètre.

1° *Dépenses indépendantes du trafic :*

Prix d'achat : 19 000 *f*.

Intérêt et amortissement : 12 0/0 . .	$\frac{2\,280}{300}$ =	7,60 *f*
Personnel		11 »
Allumage et graissage		3,42
		22,02 *f*
Frais généraux : 10 0/0.		2,20
	Total.	24,22 *f*
2° *Entretien et réparations* : 11 0/0 . .	$\frac{2\,090}{300}$ =	6,96
	Ensemble . . .	31,18 *f*

3° *Dépenses en combustible proportionnelles au trafic.*

	1/3 DE CHARGE	2/3 DE CHARGE	3/3 DE CHARGE
Poids en ordre de marche . . . . *kg*	5 270	5 270	5 270
Charge utile. . . . . *kg*	800	1 600	2 400
Poids total . . . . *kg*	6 070	6 870	7 670
Consommation de coke par tonne-kilomètre.	0,340	0,340	0,340
Consommation par voiture-kilomètre	2,050	2,330	2,600
Nombre de kilomètres par jour	100	100	100
Consommation journalière de coke.	205	233	260
Dépense à raison de 3,50 0/0 . . . . *f*	7,17	8,15	9,10
Dépense pour l'eau . . . . *f*	2 »	2 »	2 »
Dépense journalière proportionnelle au trafic. . . . *f*	9,17	10,15	11,10
Rappel des dépenses journalières constantes . . . . *f*	31,18	31,18	31,18
Total. . . . . *f*	40,35	41,33	42,28
Nombre de tonnes-kilomètre utiles	80	160	240
Ces prix de revient étaient :			
En 1900. . . . . *f*	0,550	0,250	0,176
En 1899. . . . . *f*	0,248	0,131	0,092
En 1898. . . . . *f*	0,373	0,200	0,140

D'après la vitesse commerciale et la charge utile, on avait admis comme nombre de tonnes-kilomètre utiles.

1899	177	354	531
1898	116	232	348

Pour le transport des marchandises nous ne pouvons pas, comme pour le transport des voyageurs, comparer nos prix de revient théoriques, avec ceux résultant d'une exploitation pratique ; car le service des marchandises entre Stenay et Montmédy assuré avec un camion de Dion et Bouton semblable à ceux de nos concours n'a perçu du 22 avril 1899 au 30 septembre 1900 qu'une recette de. . . . . 1 227 *f*
alors que pour les voyageurs et les messageries, les omnibus ont perçu . . . . 22 739 *f*
pendant le même laps de temps.

Il est vrai que le cahier des charges de l'entreprise lui permet de percevoir par tonne-kilomètre :

0,60 *f* pour les marchandises de la première catégorie ;

0,50 *f* pour celles de la seconde.

Nous signalerons cependant que le camion en service sur Stenay-Montmédy, comme d'ailleurs celui circulant entre Hyères et Toulon, ne marche qu'à 5 *km* à l'heure avec une charge utile de 5 *t*.

Nous avions donc bien raison, dans notre communication d'août 1899, d'insister sur ce qu'avaient de peu rationnelles les vitesses de 13 et 14 *km* à l'heure que, dans nos concours, les constructeurs cherchent à obtenir avec leurs camions au détriment de la charge.

Comme malgré ce que nous avons pu dire, les mêmes errements ont été suivis en 1900, nous croyons devoir insister sur le rôle de la vitesse dans l'économie des transports des marchandises qui peuvent aller lentement.

Pour ne pas être accusé de parti pris, nous nous servirons des résultats consignés dans l'ouvrage de MM. Bovaine et Julien et résumés dans le schéma suivant *(fig. 1)* :

Il permet de constater qu'une puissance de 5 *chv* suffit pour transporter une charge de :

3 *t* avec une vitesse de	. . . .	13,6 *km*
2,5 *t* —	. . . .	15,2
2 *t* —	. . . .	17,6
1,75 *t* —	. . . .	19,7
1,50 *t* —	. . . .	21,7

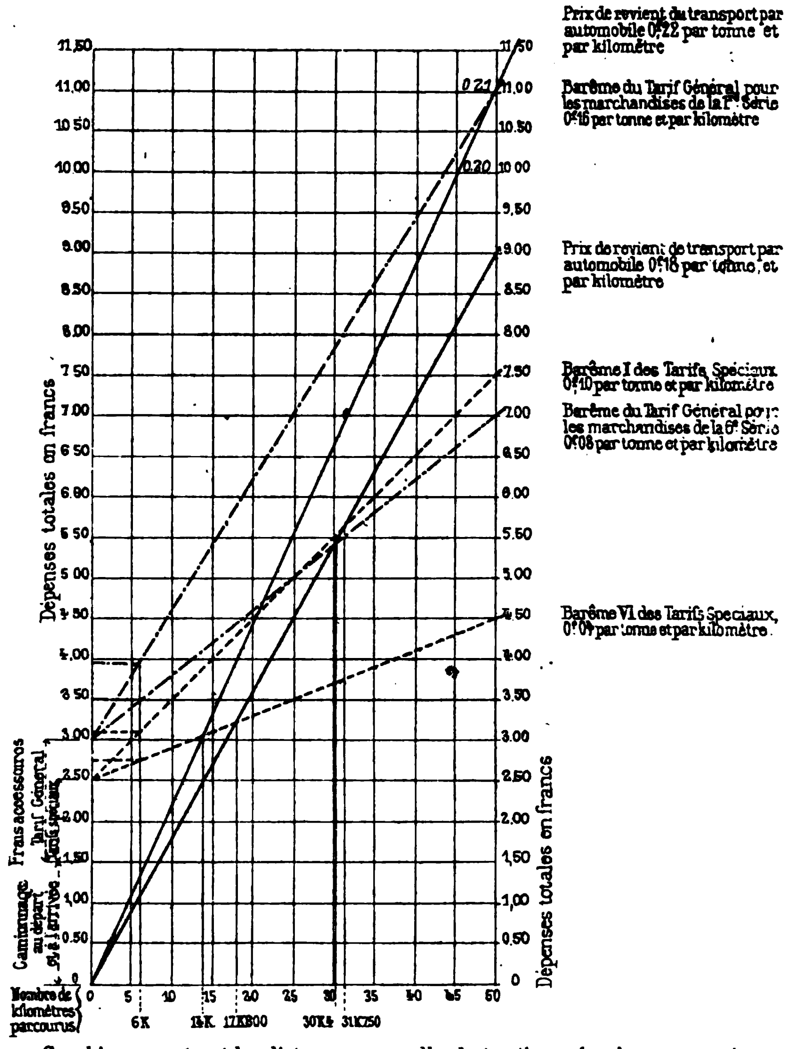
Courbes des puissances nécessaires pour transporter une charge exprimée en tonnes à différentes vitesses exprimées en kilomètres à l'heure.

Par suite, le nombre des tonnes-kilomètre à l'heure est, pour ces diverses vitesses :

40,8 tonnes kilomètres	. . . . . .	V = 13,5 *km*
38 —	. . . . . .	V = 15,2
35,2 —	. . . . . .	V = 17,6
34,47 —	. . . . . .	V = 19,7
32,5 —	. . . . . .	V = 21,7

Dès lors, on voit que, sans changer autre chose que l'allure de la voiture, on peut réaliser une économie de 25 0/0.

Quoi qu'il en soit, dès à présent la traction mécanique à vapeur et même à mélange tonnant est en état de procurer, pour les petites distances, une économie notable sur les transports en chemin de fer *(fig. 2)*.



Graphique montrant les distances auxquelles la traction mécanique sur routes est plus économique que le transport par chemin de fer à raison des frais accessoires.

Ce schéma montre que, si l'on ajoute aux taxes résultant des barèmes du Chemin de fer du Nord les dépenses supplémentaires

de camionnage au départ et à l'arrivée, de chargement et déchargement en gare et les frais de gare, même sans parler du timbre de la lettre de voiture, il y a économie à effectuer le transport sur route par camion automobile :

Bien au delà de 50 *km* pour les marchandises de la première catégorie ;

Jusqu'à 30 *km* pour les marchandises de la sixième catégorie du tarif général ;

Jusqu'à 31 *km* pour les marchandises par wagon complet barème I ;

Jusqu'à 17,8 *km* pour les marchandises par wagon complet barème VI des tarifs spéciaux.

Si le prix de revient de la tonne-kilomètre sur route est de 0,18 *f* :

Jusqu'à 50 *km* pour les marchandises de la première catégorie du tarif général ;

Jusqu'à 14 *km* pour les marchandises transportées avec le barème VI des tarifs spéciaux.

Si le prix de revient de la tonne-kilomètre sur route est même de 0,22 *f* :

Quant à la traction animale qui, comme la traction automobile, peut aller prendre la marchandise dans la cour de l'expéditeur pour la déposer dans celle du destinataire, elle coûte environ 0,20 *f* à 0,25 *f* la tonne-kilomètre. Actuellement elle est donc au moins aussi, sinon plus économique que cette dernière pour les services réguliers de transport à charge à peu près constante.

Elle perdrait son avantage si les transports étaient intermittents, surtout avec de longues périodes de chômage.

La traction automobile aurait donc un avenir assez beau pour encourager les constructeurs à chercher à combiner leurs divers dispositifs de transmission de manière à la rendre encore plus économique par une meilleure utilisation de la puissance.

Ainsi, pour ne parler que du changement de vitesse, tout le monde sera certainement frappé de l'énorme disproportion qui existe entre les puissances données respectivement au moteur à vapeur et au moteur à mélange tonnant, pour un même poids de charge totale.

Ceci tient probablement à ce que le changement de vitesse étant réputé un organe gênant et la marche lente sur rampe, une

allure peu sélecte, on profite de ce que le moteur à vapeur est à puissance variable pour supprimer en fait la manœuvre du changement de vitesse quand même on en a placé un, et malgré cela on monte les côtes à une allure relativement assez grande.

Avec la démultiplication constante, le nombre des coups de piston est cependant diminué, il faut compenser leur moindre nombre par une augmentation de l'effort moteur de chacun au détriment de la bonne utilisation de la vapeur et de la consommation régulière de combustible, car on doit recourir au tirage forcé pour produire la plus grande quantité de vapeur nécessaire.

Quant aux changements de vitesse dont sont toujours pourvus les moteurs à mélange tonnant, sont-ils bien combinés avec la démultiplication pour maintenir en toute circonstance les vitesses du piston dans les limites où le rendement du moteur est économique. En adoptant purement et simplement les dispositions des châssis des voitures de promenade et même de course où le besoin de vitesse prime toute autre considération, les constructeurs des camions industriels ne s'exposent-ils pas bénévolement à faire travailler en marche normale leur moteur dans des conditions de vitesse où son rendement étant désavantageux sa consommation est onéreuse.

Les enseignements que nous avons essayé de tirer des concours industriels organisés chaque année depuis 1897 par l'Automobile-Club de France, seraient incomplets si nous ne disions pas au moins quelques mots de la manière dont les chaussées se comportent sous le passage régulier des lourds véhicules à vapeur automobiles ou remorqueurs.

Par leur mode même de construction, les chaussées pavées composées d'éléments capables individuellement de résister à l'écrasement et aux chocs, n'ont rien à redouter du passage fréquent des lourds véhicules automoteurs ou remorqueurs. A la vitesse de 5 *km* à l'heure, ceux-ci, à la condition d'être pourvus de sablières, peuvent affronter les plus mauvais pavages. Au contraire, les voitures automobiles affectées au transport rapide des voyageurs ou des messageries ne peuvent circuler sur les chaussées pavées, sans préjudice pour elles et leur contenu, que si, par un parfait entretien, la surface est maintenue sans irrégularités notables, comme la rue Henrion-Berthier à Neuilly-sur-Seine.

En ce qui concerne les chaussées empierrées, dès le concours de 1898, à Versailles, M. Léon Bollée exprimait la crainte que

l'insuffisance de leur solidité ne fût un obstacle au développement de la traction mécanique sur routes.

Ces craintes n'étaient malheureusement que trop fondées.

Elles se trouvent corroborées par les renseignements concordants fournis par les Ingénieurs en chef des cinq départements où des services réguliers ont fonctionné assez longtemps pour que leur influence sur les chaussées ait pu être étudiée.

Dans deux : l'Oise et les Côtes-du-Nord, ils se rapportent à des services réguliers de transports à faible vitesse de marchandises placées sur des wagons remorqués par une locomotive routière ; dans les trois autres : le Calvados, le Var et la Meuse, il s'agit de services de transport rapide (15 *km* à l'heure) de voyageurs ou de messagerie.

Dans l'Oise, la locomotive pèse en ordre de marche 12 *t*.

Elle remorque, suivant l'état de la chaussée, deux ou trois wagons du poids de 2 *t* à vide, portant soit 6 *t* de betteraves, soit 9 ou 10 *t* de charbon de terre. La vitesse varie de 3,5 *km* à 5 *km* à l'heure.

D'après les observations faites par le Service des ponts et chaussées, sur les routes entretenues avec du silex, les roues motrices de 0,40 *m* de largeur de la locomotive, même avec des cannelures, ne paraissent pas détériorer la chaussée ; ce sont les roues de 0,13 *m* de largeur des wagons remorqués qui, en suivant les mêmes frayés, réduisent rapidement les cailloux en sable. Sur les chaussées entretenues avez du trapp des Vosges ou des quartzites des Ardennes, les roues des locomotives ne feraient probablement aucun mal, mais, quoique réduites, resteraient toujours les ornières produites par les roues des wagons.

Dans les Côtes-du-Nord la locomotive routière d'une puissance de 30 *ch* a également des roues motrices de 0,40 *m* de largeur. Son poids total est de 15 *t* dont 8,5 *t* sur les roues motrices.

Elle remorque généralement deux camions du poids de 2 *t* à vide qui, avec une charge moyenne de 7 *t*, font ensemble 18 *t* remorquées.

La vitesse moyenne est de 3,5 *k* à l'heure. En saison favorable, on fait, en quarante-huit heures, six voyages, dont trois en charge et trois à vide. En mauvaise saison, c'est-à-dire environ pendant cinq mois, il n'y a qu'un seul voyage aller et retour.

Avant l'établissement de ce service de transport, l'entretien de cette partie de route, où la circulation était de 237 colliers, était assuré avec l'emploi de 220 m^3 et une dépense de 470 *f* par

Depuis, il a fallu :

En 1899, employer 320 m^3 et dépenser 680 *f* par an.

En 1900, — 315 — 700 —

L'Ingénieur en chef estime que si le service continue, il faudra employer 350 m^3 par an pour assurer un entretien normal.

L'augmentation de la dépense est donc au moins de 230 *f* par kilomètre et par an.

Dans le département du Calvados, une Société d'études a fait fonctionner pendant deux ans un service régulier de transport de voyageurs avec omnibus de Dion et Bouton.

La vitesse commerciale était de 12 *km* à l'heure.

Le poids sur l'essieu moteur atteignait 5 *t*. La largeur des bandages métalliques des roues motrices était de 0,135 *m*. Il y avait chaque jour deux voyages dans chaque sens. Le service était assuré par trois omnibus et un tracteur pour les jours d'affluence ou les détresses. Avant l'établissement de ce service, il semble que la dépense d'entretien du chemin vicinal parcouru était de 350 *f* par an et par kilomètre. Pour maintenir le chemin en bon état de viabilité pendant le fonctionnement de ce service, il a fallu porter tout d'abord la dépense à 660 *f*; elle a été en croissant constamment et elle aurait atteint probablement 850 *f* si les transports automobiles avaient continué.

Le surcroît de dépense a donc été, dans le département du Calvados, de 500 *f* par kilomètre.

Dans le département du Var fonctionne un service régulier de transport de voyageurs avec le même matériel. Les voyages journaliers sont de six dans chaque sens. Leur vitesse moyenne est de 15 *km* à l'heure.

La fréquentation de la route était de 207 colliers.

La largeur de la chaussée était de 4 *m*.

L'épaisseur moyenne était de 9 *cm*, sans couche spéciale de fondation.

La consommation annuelle de matériaux était de 52 m^3, soit 27 m^3 par kilomètre et 100 colliers.

Depuis que le service de transports automobiles fonctionne, il a fallu employer 76 m^3 par kilomètre. Malgré cette augmentation de la consommation de matériaux, la chaussée se détériorait chaque jour davantage, et les Ingénieurs ont dû solliciter un crédit pour porter sa largeur à 5 *m* et son épaisseur à 12 *cm* comme dans la traversée d'Hyères, où la circulation des automobiles a causé relativement bien moins de mal à la chaussée.

Dans la Meuse, nous avons pu, sur le service de Stenay à Montmédy, recueillir des renseignements, sinon plus précis, au moins plus circonstanciés.

La circulation ordinaire était de 237 colliers.

Sa largeur, de 4,43 *m*.

Sur les 19 *km* en question, 5 à 6 *km* étaient établis sur un sous-sol argileux un peu humide; mais la chaussée supportait sans détérioration la circulation ordinaire.

Dès le premier mois de la mise en service, on s'est aperçu que la largeur de 4,43 *m* était insuffisante pour le croisement des véhicules et que le tracteur coupait la chaussée sur les bords quand il devait descendre sur l'accotement ou remonter sur la chaussée. De plus, sous le passage de ces lourds véhicules, la chaussée fléchissait dans les parties à sous-sol insuffisamment assaini.

Il a fallu successivement réclamer des crédits s'élevant, au total, à 58 000 *f* pour assainir les 6 *km* en question, porter la largeur de la chaussée à 5 *m* et son épaisseur moyenne à 15 *cm*.

D'un autre côté, l'entretien proprement dit, qui était, en 1898, assuré avec l'emploi de 648 m^3 et une dépense de 12 000 *f* par an pour le parcours suivi, exige maintenant l'emploi de 1 397 m^3 et une dépense de 26 000 *f*, soit une dépense supplémentaire de 14 000 *f* pour 17 *km*, ou 800 *f* par kilomètre.

Cette dépense correspond à peu près à 0,40 *f* par voiture-kilomètre, alors que l'entrepreneur dépense 0,95 *f*.

Dans ces conditions, il faut que tous ceux qui s'intéressent à la traction mécanique sur routes sollicitent le Parlement et obtiennent qu'il accorde les crédits supplémentaires nécessaires pour assainir toutes les parties de chaussées empierrées établies sur des sous-sols argileux et humides, ainsi que pour donner à l'empierrement une largeur et une épaisseur suffisantes.

En attendant, nous devons engager les entrepreneurs de transports automobiles à limiter à 5 *km* à l'heure la vitesse des camions automoteurs portant 5 *t* sur un essieu et à renoncer aux wagons remorqués s'ils ne veulent pas s'exposer à rester en panne dans les ornières creusées par leurs roues, au moins pendant la mauvaise saison.

Quant aux transports rapides de 12 à 15 *km* à l'heure, ils ne semblent pouvoir être assurés que par des omnibus dont le poids ne dépasse pas 3 500 *kg* en charge comme les anciennes diligences.

NOUVELLE MÉTHODE

D'ÉTUDE DES EAUX DE SOURCES (1)

PAR

M. Félix MARBOUTIN

Les caractères organoleptiques (limpidité, couleur, odeur, saveur), ont été pendant de longs siècles les seuls moyens dont l'homme pouvait disposer pour juger les eaux qu'il destinait à son alimentation.

Ce n'est qu'au xvii[e] siècle que les procédés scientifiques furent appliqués à l'étude des eaux par Boyle; qui essayait l'action de quelques réactifs, et Duclos, qui fut le premier, croyons-nous, à faire usage du microscope.

Vers la fin du xviii[e] siècle, Bergmann nous apprend, dans ses opuscules (2), que tous les éléments minéraux de l'eau étaient connus. Pour lui, il y a deux manières d'examiner les eaux, par les *réactifs* et par *l'évaporation*. Les caractères *organoleptiques*, la température, ses variations, les considérations des lieux, les débits, le nombre des sources sont des éléments importants; les végétaux qui croissent dans les sources et la présence des animaux dans les eaux peuvent aussi fournir d'utiles indications.

Malgré les progrès considérables que la science a exécutés depuis cette époque, malgré la possibilité de doser les éléments minéraux contenus dans les eaux, on peut dire que les moyens d'apprécier les eaux n'avaient pas varié jusqu'au moment où la bactériologie a révélé l'existence du monde des infiniment petits.

On est, en effet, frappé de retrouver, en 1851, dans l'*Annuaire des eaux de France*, une définition des eaux potables sensiblement identique à celle qu'en donnait Hippocrate.

D'après l'*Annuaire des eaux de France* :

« Une eau peut être considérée comme bonne et potable quand
» elle est fraiche, limpide, sans odeur, quand sa saveur est très

(1) Voir planche n° 7.

(2) BERGMANN, *opuscules*, traduction de GUYTON DE MORVEAU, 1780.

» faible; qu'elle n'est surtout ni désagréable, ni salée, ni dou-
» ceâtre; quand elle contient peu de matières étrangères; quand
» elle renferme suffisamment d'air en dissolution: quand elle
» dissout le savon sans former de grumeaux et qu'elle cuit bien
» les légumes. »

Avec les caractères organoleptiques, les dosages d'oxygène et la mesure de la dureté furent, en effet, jusqu'à ces dernières années, les seuls éléments que l'on examinait.

Les matières organiques vinrent plus tard préoccuper les hygiénistes, et l'on rencontre trace de ces préoccupations dans la multitude des procédés qui furent proposés pour en tenir compte.

C'est seulement de l'année 1878, à la suite des travaux de Pasteur et Joubert, que datent les préoccupations d'ordre microbiologique.

Les recherches des bactéries contenues dans l'eau ont dès lors préoccupé tous les esprits et certains savants ont paru croire qu'il suffisait de dénombrer les germes contenus dans 1 cm^3 d'eau pour pouvoir se prononcer d'une manière absolue sur la valeur des eauxpotables.

Rien n'est moins vrai cependant; la *qualité* des bacilles est certainement plus importante que leur nombre et tout le monde admet aujourd'hui qu'une eau, contenant un seul *bacille pathogène*, est plus à redouter qu'une eau contenant quelques milliersde bacilles identiques à ceux qui résident dans nos aliments et que nous absorbons chaque jour sans inconvénient.

Et s'il était vrai que les associations bactériennes puissent, dans certains cas, donner une activité nouvelle à l'un ou l'autre de leurs éléments, il n'y aurait que la *stérilisation* des eaux, au *moment où elles sont consommées*, qui nous offrirait la sécurité; mais encore faut-il se demander si nous ne nous *priverions pas ainsi d'éléments indispensables à notre existence.*

Aujourd'hui tout le monde s'accorde à reconnaître que la bactériologie seule est impuissante pour se prononcer sur la qualité des eaux; elle ne fait que compléter les renseignements fournis par l'analyse chimique, qui permettent souvent, à eux seuls, de se prononcer sur la qualité des eaux en définissant son origine.

Mais en ce qui concerne les eaux de sources, ces deux sciences ne donnent que des renseignements incomplets. Un nouvel élément entre ici en ligne de compte. Cet élément, que l'on pourrait appeler *historique*, tend à tenir compte des causes de pollu-

tions que les molécules d'eau ont rencontrées avant d'arriver aux émergences. Quel chemin ces molécules ont-elles suivi? Quelles contaminations continues ou intermittentes se trouvent sur leurs trajectoires?

Tels sont les points saillants qui ont été mis au premier plan par les travaux de la Commission scientifique de perfectionnement de Montsouris (1) nommée par M. le Préfet de la Seine, en mars 1899.

On trouve dès le XVIII[e] siècle trace des préoccupations que nous venons de spécifier.

En 1780, Bergmann (2) insistait sur les considérations des lieux, telles que, disait-il, la situation tant par rapport à la géographie naturelle qu'à la géographie politique; il éveillait aussi l'attention sur le caractère et l'élévation du sol dans les environs.

En 1856, Ossian Henry (3) reprenant les mêmes idées regrettait « qu'une triple association d'un médecin inspecteur général, » d'un chimiste et d'un ingénieur spécial des mines ne puisse » chaque année examiner les sources sur place et conduire à apprécier ce qui resterait à faire pour connaître aussi bien que » possible la nature chimique des eaux, leurs variations possibles, et pour donner ainsi aux travaux utiles projetés près des » sources telle ou telle direction avantageuse à leur aménagement, à leur conservation et à l'augmentation de leur débit. »

(1) La Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris est ainsi composée :

Président : M. de Selves, préfet de la Seine;

Membres : MM. Chautard, Labusquière, Landrin, Navarre, Ambroise Rendu, Conseillers municipaux; Adolphe Carnot, membre de l'Institut; docteur Cornil, membre de l'Académie de médecine; Duclaux, membre de l'Institut; Riche, membre de l'Académie de médecine; docteur Roux, membre de l'Institut; Schlœsing, membre de l'Institut.

En outre, assistent aux séances de la Commission avec voix consultative :

MM. Autrand, Secrétaire général de la Préfecture; Defrance, Directeur administratif des Services de la Voie Publique, des Eaux et Égouts; Hyerard, Directeur du Cabinet du Préfet de la Seine; Le Roux, Directeur des Affaires départementales; Menant, Directeur des Affaires municipales; Bechmann, Ingénieur en chef du Service de l'Assainissement; Babinet, Ingénieur en chef des dérivations; Geslain, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Inspecteur du Service des aqueducs; Hétier, Ingénieur en chef du département; Janet, Ingénieur en chef au corps des Mines; Docteur A.-J. Martin, Inspecteur général de l'Assainissement et de la Salubrité; Docteur Henry Thierry, Inspecteur adjoint de l'Assainissement et de la Salubrité de l'habitation; Albert-Lévy, Chef du Service chimique de l'Observatoire Municipal de Montsouris; Docteur Miquel, Chef du Service micrographique de l'Observatoire Municipal de Montsouris; Marboutin, Sous-Chef du Service chimique de l'Observatoire Municipal de Montsouris; Cambier, Sous-Chef du Service micrographique de l'Observatoire Municipal de Montsouris; Dienert, Chef du Service local de surveillance des sources de la Ville de Paris, pour la région de l'Avre et des sources avoisinantes; Le Couppey, Ingénieur agronome.

(2) *Opuscules*, traduction de GUYTON DE MORVEAU.

(3) *Traité de Chimie*.



Enfin plus récemment Thresh (1) en Angleterre affirmait que la connaissance du voisinage des sources, des contaminations continues ou intermittentes, en dit souvent plus long que les meilleures analyses. Il regrettait que les analystes soient souvent tenus dans l'ignorance de l'origine des échantillons d'eau de peur que cette origine n'influe sur leur conclusion. Car ces conclusions, disait-il, ne peuvent être sérieuses que si l'origine des eaux leur est connue.

Ces desiderata sont aujourd'hui réalisés et même dépassés pour l'étude des eaux d'alimentation de la Ville de Paris.

En plus de la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris, chargée de se prononcer sur les méthodes d'études, une Commission technique, comprenant les divers services compétents, exécute ces études; des services locaux de surveillance médicale fonctionnent sur le terrain même des sources avec l'aide des médecins de la région et des médecins des épidémies des arrondissements intéressés; des laboratoires locaux font sur place les recherches qui ne nécessitent qu'un outillage restreint pendant que les services chimique et micrographique de l'Observatoire Municipal de Montsouris exécutent, dans leurs laboratoires, des recherches plus complexes.

Si l'on se place au point de vue général des sources que l'on veut étudier, on peut définir comme suit le programme à réaliser.

1° Détermination des trajectoires des molécules d'eau arrivant aux émergences des sources;

2° Détermination du périmètre d'alimentation;

3° Détermination des causes de pollution continues ou discontinues qui existent dans ce périmètre;

4° Détermination de la nature de l'eau et de son degré de pureté.

I. — Détermination des trajectoires des molécules d'eau arrivant aux émergences des sources.

Une étude géologique approfondie de la région des sources est indispensable; cette étude doit être poussée jusqu'à une distance assez grande des sources pour comprendre toute la *zone d'alimentation;* elle aura pour but de définir la nature de la couche ou des couches géologiques traversées par l'eau, et d'établir le mode

(1) *Water Supply*, London 1896.

de propagation des eaux dans ces couches, qui différera suivant que la nappe aquifère circulera dans des sables, des graviers ou des roches plus ou moins fissurées.

Les nappes souterraines se divisent en deux catégories :

Les nappes superficielles et les nappes profondes.

Les premières, auxquelles Daubrée a donné le nom de *nappes phréatiques*, alimentent en général les puits ordinaires; elles reposent sur la première couche imperméable se rencontrant à partir de la surface ; les secondes peuvent se subdiviser en nappes dans lesquelles l'eau s'élève dans la couche perméable sans jamais être sous pression et que M. Boursault (1) a appelé *nappes libres*, et en nappes où l'eau est maintenue sous pression par une couche imperméable supérieure et que M. Boursault désigne sous le nom de *nappes captives*.

Le niveau *piézométrique* d'une nappe en un point peut être défini par le niveau que prendrait l'eau dans un puits creusé en ce point et allant rejoindre la nappe, avec l'hypothèse que ce puits ait des parois latérales imperméables et ne reçoive d'autre alimentation que celle de la nappe considérée.

Les sources peuvent être définies par la rencontre de la surface de niveau piézométrique avec la surface du sol. Cette rencontre peut se faire naturellement par suite de l'intersection des deux surfaces : on aura des sources dites d'affleurement si l'intersection a lieu à flanc de coteau, ou bien des sources de thalweg (2) ou d'émergence si l'intersection a lieu dans une vallée.

Mais on peut encore avoir une autre catégorie de sources résultant de l'émergence des nappes captives. Ces sources, dont un type artificiel est le puits artésien, comprennent un certain nombre de sources minérales et quelques sources des terrains calcaires ou crayeux recouverts d'une nappe imperméable. Telles sont un certain nombre de sources que la ville de Paris a captées dans les bassins de l'Avre et de la Vanne, et qui n'ont été créées qu'à la suite de cassures ou d'érosion de la couche imperméable (3).

Je les désignerai sous le nom générique de sources *ascendantes* ;

(1) H. Boursault. *Recherche des eaux potables et industrielles.*

(2) L. Janet. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3e série, t. XXVIII, 1900.

(3) Un exemple très remarquable d'une telle source existe dans le lit de la Loire en amont du pont d'Orléans; elle a été décrite par M. Sainjon, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1880. Les sources dites de l'Avre, près de Verneuil (Eure), sont un exemple de ce genre de sources qui peut comprendre des sources pérennes (Breuil, Blaon), ou discontinues (Gonord), selon les variations de hauteur du niveau piézométrique.

elles peuvent se trouver sur un plateau à flanc de coteau ou dans un thalweg. Il suffit que la nappe aquifère captive ait un niveau piézométrique supérieur au niveau du sol au point où s'est produit l'accident géologique ou artificiel qui a mis en relation la nappe captive avec la surface du sol.

Une même source peut être alimentée par plusieurs nappes et même par plusieurs nappes *captives* et une nappe *libre*.

Nous supposerons, pour plus de simplicité, que nous ayons à étudier une source alimentée par une seule nappe.

Les eaux pluviales vont rejoindre la nappe en traversant une ou plusieurs couches perméables, après avoir ruisselé à la surface du sol sur une étendue plus ou moins grande; l'étude géologique de la région permettra de déterminer les zones perméables et de les classer suivant leur genre de perméabilité. Les failles, les abîmes, les bétoires ou boit-tout, les parties poreuses du lit des rivières, devront particulièrement attirer l'attention.

Ces études faites, on devra procéder à des essais des communications qui existent entre les sources et les points où les eaux superficielles se perdent, à l'aide des matières colorantes.

J'ai donné un mode d'emploi nouveau de ces matières colorantes, qui m'a permis de tracer des courbes, lieu des points où les molécules d'eau parties d'un même point arrivent au bout du même temps.

Ces courbes, que j'avais d'abord appelées *Isochrones* et que M. Léon Janet, Ingénieur en chef au corps des Mines m'a proposé d'appeler *Isochronochromatiques*, mettent en évidence les régions stagnantes de la nappe et les lignes de plus grande propagation.

Des expériences de coloration avaient été faites autrefois au moyen de la fluorescéine, dans le but de prouver que certaines sources n'étaient que la réapparition de rivières, et notre Collègue, M. Brard (1), a cité dans la remarquable communication qui lui a valu le prix annuel de notre Société les belles expériences que M. Ferray, d'Évreux, avait faites en 1885 dans les bassins de l'Avre et de l'Iton (2). Des expériences du même ordre ont permis à M. Martel (3) d'établir l'existence de la communication entre des rivières souterraines et certaines sources vauclusiennes. Enfin, des expériences analogues ont été exécutées

(1) F. Brard, *Mémoires* de la Société des Ingénieurs de France, octobre 1899.
(2) Ferray, Association Française pour l'Avancement des Sciences, 23me session, 1894.
(3) Martel, *Les Abîmes*.

avec diverses matières colorantes, du sel, de la farine, etc., pour montrer la contamination de certaines sources.

Dans ces expériences, on n'observait que le point de départ et le point d'arrivée de la matière qui servait à l'expérience, sans s'inquiéter des chemins parcourus.

Par l'observation systématique des puits de la région où l'on verse la fluorescéine, j'ai pu déterminer le temps écoulé entre le jet de la fluorescéine et l'apparition des molécules d'eau colorées dans les divers puits, et, par suite, avoir les éléments permettant de tracer les courbes isochronochromatiques.

En surélevant artificiellement le niveau piézométrique au point où se fait le jet, j'ai pu obtenir une dilution aussi parfaite que possible de la matière colorante dans la nappe, et donner le moyen de faire l'expérience en un point quelconque où le niveau piézométrique de la nappe est inférieur au niveau du sol, en faisant au besoin *un forage* pour chaque expérience.

Mode opératoire.

On verse en un point de la nappe souterraine à étudier, une certaine quantité de solution de fluorescéine en même temps qu'un volume d'eau suffisant pour surélever le niveau piézométrique et créer un déplacement de la fluorescéine dans la nappe. Lorsque l'on trouve une perte de ruisseau ou de rivière, soit dans un bétoire, soit dans un lit poreux ou une rivière souterraine, que l'on peut atteindre, le problème est immédiatement résolu; mais, si l'on n'a pas de perte naturelle, il est facile de créer un puisard absorbant allant jusqu'à la nappe d'eau à examiner. On aura le soin dans ce cas, de se placer en un point où le niveau piézométrique de la nappe est inférieur au niveau du sol et de verser dans ce puisard une quantité d'eau suffisante pour que le niveau piézométrique soit surélevé et que la fluorescéine soit entraînée dans le mouvement de la nappe souterraine :

Il pourra arriver dans certains cas, et principalement dans les régions crayeuses, qu'un des puits à eau de la région soit en communication avec de fortes diaclases où règne un courant d'eau assez fort. Il suffira, dans ce cas, de verser la fluorescéine dans le puits pour colorer la nappe d'eau; mais dans ce cas, il y aura toujours lieu de s'assurer que le puits n'est pas un point bas de la nappe aquifère et il ne faudra jamais omettre de verser une quantité d'eau suffisante pour surélever le niveau piézométrique.

Le jet de la fluorescéine doit durer plusieurs heures; les quantités de fluorescéine à verser doivent être en relation avec la puissance de la nappe.

Ces expériences auraient nécessité autrefois des poids considérables de fluorescéine et auraient présenté le grave inconvénient de colorer d'une façon très intense la plupart des puits de la région. En opérant ainsi, on soulèverait de vives réclamations. A l'aide d'un appareil très simple, déjà connu sous le nom de fluoroscope et que nous avons rendu encore plus sensible, nous nous sommes habitué à déceler facilement la présence dans une eau d'une fraction de fluoresceine égale à un dix milliardième. M. Trilliat (1), qui avait donné le principe du fluoroscope, avait annoncé dans une note lue à l'Académie des Sciences, qu'il pouvait déceler un poids de fluorescéine correspondant à un deux milliardième; nous sommes arrivé à apprécier un poids cinq fois plus faible (2).

La fluorescéine n'étant visible à l'œil dans une vase ordinaire qu'à une dilution voisine du dix millionième, on peut arriver, avec une certaine pratique, à employer des doses de fluorescéine telles que la coloration des eaux soit seulement visible au fluoroscope.

J'emploie habituellement un poids de fluorescéine compris entre 300 *g* à 700 *g*, lorsque la distance entre les sources et le point où se fait le jet n'excède pas 5 *km*.

J'ai le soin de verser la solution (3) de fluorescéine d'une manière uniforme et de prolonger le jet pendant un temps assez long, une heure et demie par exemple (300 *g* de fluorescéine à l'heure).

Dans chaque cas particulier, le poids de fluorescéine devra varier avec l'étendue de la nappe, son importance et sa vitesse de propagation.

Nous donnerons, à titre d'exemple, les renseignements suivants :

En terrain crétacé, avec une nappe importante d'un débit de 6 000 m^3 au moins à l'heure, nous avons employé :

600 *g*	de fluorescéine pour des distances de	4 *km*.
700 *g*	— —	7 *km*.

(1) Trillat, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1899.

(2) Félix Marboutin, *Contribution à l'étude des eaux souterraines, Courbes Isochronochromatiques (Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, février, 1901).

(3) La solution de fluorescéine contient 100 *gr* par litre.

En terrain crétacé, avec nappe très importante, mais en versant la fluorescéine dans des rivières souterraines :

400 *g* de fluorescéine pour des distances de			4 *km.*
700 *g*	—	—	7 *km.*

L'expérience a montré que ces derniers chiffres pouvaient être diminués de moitié.

On doit d'ailleurs se mettre en garde contre le pouvoir colorant des divers produits que l'on trouve dans le commerce, sous le nom de fluorescéine, ou vendus comme fluorescéine.

Nous donnons (1) ci-dessous le tableau des limites de visibilité au fluoroscope, pour 9 échantillons que nous avons étudiés ; ils proviennent de matières colorantes produites dans des usines différentes, désignées dans le commerce sous le nom générique de fluorescéine.

L'eau qui a servi à faire les solutions est l'eau de la source du Miroir (à Theil-sur-Vanne) ; elle était très légèrement opaline sur 1 *m* d'épaisseur.

Notre fluoroscope se compose de 12 tubes en cristal aussi blanc que possible, provenant d'une même coulée ; les tubes ont 95 *cm* environ de hauteur ; ils sont bouchés à une de leur extrémité par un bouchon de caoutchouc noirci en le frottant sur un morceau de carton sur lequel on a versé de la plombagine en poudre.

M. Trillat conseillait d'employer des bouchons de liège noirci avec un vernis noir. Nous préférons les bouchons de caoutchouc rouge noirci à la plombagine. Nous sommes ainsi parvenu avec M. Molinié, chimiste à l'Observatoire municipal de Montsouris, à reculer la limite de visibilité du deux milliardième au dix milliardième.

La boite qui sert au transport des tubes contient deux montants qui se fixent verticalement sur les côtés de la boite au moyen d'écrous à oreilles ; les extrémités libres de ces montants reçoivent une traverse percée de 12 trous ; et le tout constitue un support pour les 12 tubes de verre.

Le jet de la fluorescéine étant commencé, on fait prélever des échantillons d'eau, d'heure en heure, dans tous les puits du voisinage. On réalisera des économies très sensibles, en temps et en argent, en opérant par zônes concentriques au point où l'on aura pratiqué le jet et en déplaçant les postes d'obser-

(1) F. MARBOUTIN, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 7 février 1901, loc. cit.

NUMÉRO D'ORDRE	NOM COMMERCIAL du PRODUIT	ASPECT	COULEUR	DILUTION DES SOLUTIONS					
				COLORATION à l'œil	COLORATION AU FLUOROSCOPE 1				
				$\frac{1}{10^7}$	$\frac{1}{5 \times 10^8}$	$\frac{1}{10^9}$	$\frac{1}{2 \times 10^9}$	$\frac{1}{5 \times 10^9}$	$\frac{1}{10^{10}}$
1	Fluorescéine	Masse amorphe.	Rouge brun.	Nette.	Nette.	Limite.	0	0	0
2	Jaune 4811.	Poudre.	Vermillon.	Nette.	Nette.	Limite.	0	0	0
3	Uranine A.	Poudre.	Vermillon.	Faible.	Limite.	0	0	0	0
4	Uranine B	Masse amorphe.	Brun.	Nette.	Nette.	0	0	0	0
5	Jaune DH sol.	Poudre.	Brun.	Nette.	Nette.	0	0	0	0
6	Jaune DH ins.	Poudre.	Jaune rouge.	Très faible.	0	0	0	0	0
7	Fluorescéine	Poudre.	Brun rouge.	Très net.	Très net.	Très net.	Limite.	0	0
8	Fluorescéine III	Poudre.	Brun rouge.	Faible.	0	0	0	0	0
9	Fluorescéine	Masse amorphe.	Brun rouge.	Très net.	Très net.	Très net.	Très net.	Nette.	Limite.

vations au fur et à mesure de l'apparition de la fluorescéine.

Le volume des échantillons peut n'être que de 250 cm^3 si l'on a soin d'employer des tubes de 16 *mm* à 17 *mm* de diamètre intérieur, qui représentent un volume de 200 à 225 cm^3.

Les échantillons ainsi prélevés sont passés au fluoroscope dans l'ordre des prélèvements, en ayant soin de ne comparer entre eux que les échantillons provenant d'un même puits. L'apparition d'une fluorescence verdâtre indique la présence de la fluorescéine. On distingue très facilement les échantillons colorés dans une même série.

Néanmoins, nous croyons utile de mette en garde l'opérateur contre la coloration propre des eaux; il est souvent commode, au début, d'avoir une gamme de tubes contenant des teneurs de fluorescéine de plus en plus diluée avec l'eau du puits que l'on examine. C'est ce que nous avons toujours fait au début de nos expériences et que nous ne manquons pas de faire faire chaque fois que nous avons avec nous un aide peu expérimenté; mais on s'habitue très rapidement à discerner des traces de fluorescéine qu'un œil exercé ne confond pas avec la teinte verte propre à certaines eaux.

Dans certains cas on pourra exciter la fluorescence au moyen d'une petite quantité d'ammoniaque; mais dans les eaux calcaires l'ammoniaque a le grave défaut de causer un précipité blanc qui troublerait l'eau et rendrait les observations des plus délicates.

Les examens de coloration doivent se faire en plein jour, en se plaçant devant un mur blanc et en ayant soin d'éviter un fond de verdure.

Lorsque l'on aura obtenu un certain nombre de points colorés, il sera facile de tracer des courbes isochronochromatiques; pour cela, on placera sur la carte de la région les points où l'on a obtenu une coloration et on joindra ces points au point où l'on a fait le jet. La ligne ainsi obtenue sera divisée en un nombre exact de parties égales, ce nombre étant égal au nombre d'heures que la fluorescéine a mis à arriver au point considéré, et ces points seront numérotés en partant du point de l'origine du jet.

En joignant les points correspondant à la dixième heure, on a la courbe lieu des points où la fluorescéine est arrivée au bout de ce temps, les autres courbes s'obtiendront au moyen de celle-là et des points où l'arrivée de la fluorescéine a été décelée en opérant par interpolation.

La carte I (1) de la région des sources de l'Avre, annexée, donne les courbes obtenues dans l'expérience du Bétoire du Haut-Chevrier, sur le ruisseau de Lamblore.

On remarquera la zone de stagnation des environs de Hérangeville et de Bois-Spert, et les lignes de plus grande propagation, dont la plus caractéristique passe par Morvilliers, Beauche, La Varenne et la source des Trois-Mulets en laissant à gauche la vallée de la Vigra.

La carte II (2), de la même région, donne les courbes obtenues dans l'expérience du Bétoire de Veau-Renard, sur le ruisseau de Buternay. On y voit la ligne de plus grande propagation passant par les Harangères, la ferme de l'Orme, la source de Ganderolle et la rive droite de la Vigne.

Ces courbes montrent en outre que la propagation des eaux dans les terrains crétacés se fait d'une manière très peu homogène; mais qu'elle se fait souvent sous un angle considérable voisin de 180° et que le sens des lignes de plus grande propagation n'a aucun lien avec l'orographie de la région, les lignes de plus grande propagation traversant souvent des lignes de collines pour passer d'une vallée à une vallée parallèle.

Il peut arriver que les eaux superficielles s'engagent dans de véritables rivières souterraines isolées de la nappe aquifère des puits, soit en tout temps, soit seulement en basses eaux. Dans ce cas, il sera impossible de tracer des courbes isochronochromatiques, puisque l'on n'aura, en général, que deux points à sa disposition : l'arrivée et le point où s'est effectué le jet.

Mais, inversement, lorsque, malgré des recherches répétées, on n'arrive pas à avoir de puits colorés, il y a de fortes présomptions pour que l'on ait affaire à une rivière souterraine. Dans ce cas l'examen attentif de la région mettra, en général, en évidence des effondrements plus ou moins nombreux sur le parcours de cette rivière qui permettront de la jalonner.

Un nivellement de la nappe, fait au baromètre altimétrique, donnera les pentes moyennes et permettra, dans certains cas, de montrer que cette rivière est isolée de la nappe.

Enfin, la température des puits fera ressortir des différences souvent assez prononcées avec la température de la source, qui

(1) *Travaux de la Commission scientifique de l'Observatoire Municipal de Montsouris* pour 1899-1900.

(2) *Travaux de la Commission scientifique de l'Observatoire Municipal de Montsouris* pour 1899-1900.

elle-même suivra les variations de température des eaux superficielles dont elle est l'exutoire.

Dans une même région, avec une nappe aquifère circulant dans la même couche géologique, la craie, j'ai observé plusieurs phénomènes qui me paraissent susceptibles de l'interprétation suivante :

1° La fluorescéine se montre en des points très nombreux et dans un secteur dont l'angle au centre est voisin de 180° : cela indique l'existence d'une véritable nappe.

La carte de l'expérience du Haut-Chevrier (1) en est un exemple. On pourra voir sur cette carte des lignes de grande propagation passant par Morvilliers, Beauche, la Varenne et la source des Trois-Mulets.

Dans cette expérience, il a été versé dans le bétoire du Haut-Chevrier, dans la vallée de Lamblore, 900 *g* de fluorescéine, à raison de 450 *g* à l'heure; la fluorescéine a été décelée jusqu'à 11 *km* du point où se faisait le jet et sur une superficie de 80 *km*² environ; la vitesse moyenne de propagation a été de 130 *m* à l'heure.

2° La fluorescéine ne se montre dans aucun puits; elle apparaît à une des sources ou à un même groupe de sources : cela indique la probabilité d'une sorte de canalisation souterraine existant entre le point où s'est fait le jet et les sources qui ont été colorées. Dans ce cas, les sources seront colorées d'une façon assez intense et souvent pendant un temps assez long, ce dernier phénomène provenant de ce que la canalisation souterraine rencontre de véritables lacs, dont la présence sera la plupart du temps décelée par des effondrements visibles à la surface du sol sous forme de mardelles.

II. — Périmètre d'alimentation.

Le périmètre d'alimentation d'une source ou d'un groupe de sources limite la zone dans laquelle une molécule d'eau tombant à la surface du sol peut se retrouver aux émergences des sources.

Ce périmètre est, en général, composé d'une seule courbe fermée; mais dans le cas où des rivières se perdent, soit totalement, soit en partie, et où l'eau ainsi perdue contribue à l'alimentation des sources, il faudra compter dans le périmètre tout le bassin de la rivière situé en amont des pertes.

(1) Planche 7.

La détermination de ce périmètre se faisait autrefois par un calcul fort simple, basé sur la tranche d'eau tombée dans la région.

On ne saurait trop s'élever contre cette méthode. Indépendamment de l'incertitude qu'il y a dans la détermination du coefficient à adopter pour tenir compte de l'eau évaporée et des eaux du ruissellement, il n'y a guère qu'un seul cas où cette méthode puisse être appliquée. C'est le cas où la nappe souterraine a comme seul exutoire la source ou le groupe de sources considéré. C'est le cas des sources d'affleurement lorsque la couche imperméable qui supporte la nappe d'eau rencontre la surface du sol suivant une couche fermée, comme cela a lieu, par exemple, pour certaines collines des environs de Paris telle que la butte de Montmorency.

En adoptant la proportion de 40 à 50 0/0 pour l'eau pénétrant dans le sol, on est souvent de beaucoup au-dessus de la vérité.

On a, en effet :

Débit annuel (litres) = Surface (mèt. carr.) $\times$ K $\times$ Haut. (millim.).

Pour un débit journalier de 100 000 m^3, ce qui est le cas des sources dites de la Vanne, on aurait donc :

$$100\,000\,000 \times 365 = S \times K \times 500. \qquad S = \frac{1}{K} \times 7\,300.$$

L'expérience nous a montré que, pour le bassin de la Vanne, le périmètre d'alimentation comprenait une zône de 100 000 hectares, ce qui donne : K = 0,07.

Pour les sources dites de l'Avre, le périmètre d'alimentation, qui ne serait que d'environ 100 km^2 par le calcul qui vient d'être cité, est, en réalité, d'environ 400 km^2 à 500 km^2, ainsi que l'ont démontré les expériences de coloration à la fluorescéine.

Nouvelle méthode de détermination du périmètre d'alimentation

La détermination du périmètre d'alimentation des sources s'obtiendra très facilement en répétant les expériences de fluorescéine donnant les trajectoires des molécules liquides en des points de plus en plus éloignés de la région des sources.

On arrivera ainsi à délimiter la zone où les molécules d'eau se dirigent vers les sources d'avec celles où les molécules parcourent des trajectoires n'ayant aucun lien avec les sources.

Cette zone doit être déterminée en saison sèche et en saison

pluvieuse, car la variation du niveau piézométrique de la nappe peut amener des variations dans la zone d'alimentation.

On ne devra pas omettre de comparer les résultats ainsi obtenus avec les résultats qu'auront donnés les études géologiques et, en particulier, on devra rapprocher les limites du périmètre d'alimentation des limites que l'on peut obtenir à l'aide des axes synclinaux de la couche géologique dans laquelle circule la nappe aquifère.

La configuration de la surface de niveau piézométrique doit aussi contribuer à la détermination du périmètre d'alimentation. Malheureusement, il n'y aura que fort peu de cas où cette surface pourra être figurée avec assez d'exactitude. La nappe des puits ou nappe phréatique est, en général, différente de la nappe des sources, et dans une même région on ne rencontrera souvent que peu de puits allant jusqu'à la nappe profonde qui alimente les sources.

Pour déterminer cette surface piézométrique, il suffit de faire un nivellement des margelles des puits allant rejoindre la nappe et de mesurer la profondeur à laquelle l'eau affleure au-dessous de la margelle. Ces éléments connus, on a la cote de la surface de l'eau dans le puits, c'est-à-dire le niveau piézométrique du point considéré.

Il suffira alors de transporter ces cotes sur une carte de la région et de tracer des courbes de niveaux qui représenteront la surface piézométrique de la nappe considérée. Il ne sera pas, en général, nécessaire de faire un nivellement très exact. L'emploi du baromètre altimétrique est tout indiqué et donnera le plus souvent des résultats très suffisants.

III. — **Pollutions.**

Les causes de pollutions sont de plusieurs natures; ce sont les matières usées de la vie humaine qui sont les plus dangereuses, et par suite celles qu'il faut le mieux connaître.

Les eaux superficielles qui se perdent, soit dans un lit poreux, soit dans un abîme, sont les plus importantes avec les eaux usées des lavoirs et les eaux perdues dans les puisards; le drainage des cimetières, l'étanchéité des fosses d'aisances, etc., sont également des points importants à étudier.

Enfin les fumiers et les engrais, les dépôts de gadoues et autres fumures, les zones couvertes par des cultures maraîchères ont aussi une importance.

Il existe enfin un dernier cas de pollution qui est d'ailleurs le plus grave; il réside dans les foyers endémiques de maladies contagieuses : leur détermination appartient au monde médical.

Ces foyers typhiques ont une importance capitale ; ils peuvent à eux seul faire rejeter une eau de l'alimentation, s'il est prouvé que les puisards ou les puits du pays ou existe un de ces foyers, communiquent avec les sources à étudier. On devra donc porter sur eux une attention particulière.

Chaque fois que l'on aura connaissance d'un point où des eaux peuvent rejoindre la nappe, il faudra procéder à une expérience de fluorescéine et vérifier les relations de ce point absorbant avec les émergences de la nappe.

Une étude de cette nature a été faite pour les sources captées par la Ville de Paris; l'honneur en revient à MM. les docteur A.-J. Martin, Inspecteur général de l'assainissement des habitations et à M. le docteur Henry Thierry, Inspecteur adjoint, qui ont été les premiers à montrer l'importance des enquêtes épidémiologiques et médicales. Le service de surveillance médicale des sources qu'ils ont créé servira d'exemple aux services analogues qui devraient exister pour toutes les adductions d'eaux potables.

A ce sujet on consultera avec fruit les enquêtes qui ont été publiées dans les Travaux de la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire Municipal de Montsouris, pour les années 1899-1900; dans le même volume l'on trouvera également les savantes enquêtes géologiques dues à M. l'Ingénieur en chef des mines, Léon Janet, les enquêtes chimiques et bactériologiques faites par les Services de l'Observatoire de Montsouris, ainsi que la description de cavernes de la craie, pénétrables à l'homme, qui ont été explorées par M. Le Couppey; une fois que les communications entre les sources et les points dangereux sont établies, il y a lieu de s'inquiéter de l'épuration que peuvent subir les molécules d'eau avant leur arrivée aux émergences.

On peut apprécier la façon dont se fait cette épuration en jetant dans les eaux polluées des matières inertes, telles que la farine, l'amidon, qui pourront apparaitre aux sources si les eaux circulent dans des canaux souterrains d'assez grandes dimensions. Il vaut mieux utiliser des germes qui permettent de se rendre compte du pouvoir épurateur du sol; on a proposé le *bacillus prodigiosus*.

M. Miquel, Chef du Service micrographique de l'Observatoire

Municipal de Montsouris et M. Cambier, Sous-chef du même service ont employé avec succès le *saccharomyces cerevisiæ*, vulgairement appelé *levure de bière*; Cette cellule inoffensive a de *3 à 10* μ de dimensions, les bactéries ayant en général de *2 à 3* μ.

La levure de bière délayée à la main dans un seau d'eau est versée dans l'eau superficielle qui va rejoindre la nappe, se mêle à cette nappe et y reste plus ou moins en suspension; les filets liquides entraînent les cellules jusqu'aux émergences, à moins que les pores du milieu dans lesquels se déplace l'eau ne soient plus petits que les cellules elles-mêmes, ou qu'une décantation suffisante empêche les cellules d'être entraînées.

Si les cellules ainsi répandues dans la nappe rejoignent les sources, il sera possible avec l'eau de ces sources d'ensemencer des bouillons de cultures contenant du sucre, et l'alcool formé par les levures aux dépens du sucre viendra révéler le passage de ces cellules qu'un examen microscopique permettra d'identifier définitivement.

La grosseur des levures étant supérieure à celle des bactéries on pourra affirmer qu'il n'y a pas épuration si les levures passent; mais dans le cas de résultats négatifs on devra se garder de considérer l'épuration comme suffisante.

En cette matière, comme d'ailleurs en beaucoup d'autres, un résultat négatif ne signifie rien, il ne peut être qu'une indication pour recommencer l'expérience.

IV. — Détermination de la nature de l'eau et de son degré de pureté.

Le problème est ici des plus délicats. On a cru longtemps que l'analyse chimique et les numérations bactériennes suffisaient; il n'en est rien.

Au point de vue chimique il est impossible, dans la plupart des cas, de se prononcer avec sûreté sur l'analyse d'un seul échantillon, et au point de vue micrographique il faudrait pouvoir déterminer la nature des bacilles contenus dans l'eau pour pouvoir se faire une opinion sur leur nocivité. Malheureusement ce problème est encore insoluble.

Il ne faut pas croire néanmoins que la chimie et la micrographie ne donnent que des renseignements illusoires.

Ces deux sciences viénnent heureusement se compléter l'une par l'autre.

Les eaux étant jugées susceptibles d'être captées par suite des études géologique, hydrologique et médicale qui viennent d'être indiquées, la chimie et la bactériologie doivent dire si l'état qui parait suffisant au moment où les études ont été faites est un état stable ou s'il est susceptible de variations.

Il faudra donc doser systématiquement pendant au moins une période sèche et une période humide les éléments sujets à variation. Les analyses devront être extrêmement nombreuses de manière à saisir même de légères modifications.

Le chimiste choisira dans les éléments constituants ceux qui lui paraîtront le plus susceptible de variations.

Le micrographe n'aura guère que les numérations bactériennes à sa disposition.

On avait voulu, pendant de longues années, se prononcer sur la qualité des eaux d'après les nombres absolus fournis par l'analyse. Dans chaque pays on trouve des types déterminés permettant de classer les eaux en catégories variant entre les eaux très pures et les eaux mauvaises.

Nous reproduisons ci-dessous :

1° Le tableau donné à titre d'indication en 1885 par le Comité Consultatif d'Hygiène de France (1).

	EAU POUVANT ÊTRE CONSIDÉRÉE COMME			
	TRÈS PURE	POTABLE	SUSPECTE	MAUVAISE
	par litre	par litre	par litre	par litre
Degré hydrotimétrique total. . . .	5° — 15°	15° — 30°	plus de 30°	plus de 100°
— après ébullition.	2° — 5°	5° — 12°	12° — 18°	— 20°
Matières organiques	moins de 1mg	moins de 2mg	3mg — 4mg	— 4mg
Chlore (sauf au bord de la mer). . .	15mg	— 40mg	50mg — 40mg	— 100mg
Acide sulfurique	2mg — 5mg	5mg — 30mg	plus de 30mg	— 50mg

2° Un tableau relatif aux bactéries déduites des analyses accumulées pendant quinze ans par M. le Dr Miquel (2).

(1) *Recueil du Comité Consultatif d'hygiène*, 1885.

(2) *Manuel pratique bactériologique des eaux*, par le Dr Miquel (1891).

	Bactéries par centimètre cube.
Eau excessivement pure	0 — 10
Eau très pure.	10 — 100
Eau pure.	100 — 1 000
Eau médiocre.	1 000 — 10 000
Eau impure.	10 000 — 100 000
Eau très impure.	100 000 et au delà.

Ces tableaux fournissent des indications, mais ils ne doivent pas être pris à la lettre et surtout isolément.

Nous passerons une revue rapide des divers éléments que l'on recherche habituellement dans les eaux.

DURETÉ.

La dureté ne saurait à elle seule faire éliminer une eau de l'alimentation à moins qu'elle ne soit excessive. Si l'on devait éliminer toutes les eaux marquant plus de 30° à l'hydrotimètre, la plupart des eaux de puits devraient être rejetées et la grande majorité des villages ne pourraient être alimentés en eau.

Les *Rivers Pollutions Commissioners on the domestic water* (1) chargés d'une enquête approfondie sur les eaux d'alimentation des villes en Angleterre sont arrivés à des conclusions intéressantes sur ce sujet ; ce sont les suivantes :

1° Tandis que les eaux de dureté excessive peuvent produire des *calculs* et peut-être d'autres maladies, les eaux douces et moyennement dures, si elles sont exemptes de matières organiques nocives, sont également saines ;

2° Dans les villes où les principales conditions sanitaires prévalent avec une uniformité tolérable, le taux de la mortalité n'est pas influencé par la douceur ou la dureté des eaux fournies aux habitants.

Mais si la valeur absolue de la dureté ne parait pas être un élément important dans la valeur des eaux d'alimentation, il n'en est pas de même de la variation de cette dureté ; un abaissement brusque de la dureté indique presque sûrement une pollution

(1) *Rapports et Percy Franckland Water Supply*, London.

de la nappe par des eaux superficielles; c'est en cela que la dureté peut être intéressante et rendra des services d'autant plus importants que le degré hydrotimétrique peut être déterminé hors du laboratoire avec un matériel des plus simples.

. . . .

CHLORE.

La quantité de chlore a été souvent invoquée pour condamner les eaux. Nous ne croyons pas qu'il faille aller trop loin dans ce sens.

Dans l'état de Massachusets, le Conseil de santé a fait dresser les courbes *isochlores* de l'État. Il a trouvé que le chlore normal varie de 0,45 grain par gallon à 0,06 en allant de la côte de l'Atlantique vers les Montagnes Rocheuses, c'est-à-dire de 6,2 à 0,8 par litre. Dans le voisinage de la mer, ces nombres peuvent être de beaucoup dépassés.

En France on n'a pas déterminé de courbes isochlores figurant le chlore normal des sources d'une région.

Dans le cas où l'on connaîtra la teneur normale en chlore de la région où on opère, les dosages de chlore peuvent faire découvrir des pollutions, ainsi que l'a montré M. Duclaux (1).

Pour les eaux de puits, nous croyons qu'il faut être très circonspect, car si la teneur en chlore est élevée, elle peut tout aussi bien indiquer une pollution ancienne que récente. La matière organique pourra être complètement oxydée et détruite sans que le chlore ait disparu. Ce serait donc s'exposer à de graves erreurs que d'avoir, d'une façon générale, une confiance absolue dans la teneur en chlore.

MATIÈRES ORGANIQUES.

On ne peut déterminer actuellement la *quantité* et la *qualité* des matières organiques contenues dans les eaux, quoique de très nombreuses méthodes aient été proposées.

La perte au rouge, ou *matière volatile*, ne fournissait que des données très vagues; les matières organiques étaient bien brûlées, mais les sels volatils, les chlorures, les azotates et les carbonates étaient volatilisés ou décomposés, et quelle que soit l'ingéniosité des chimistes qui avaient proposé de remédier à ces inconvénients, ce procédé est aujourd'hui abandonné.

(1) DUCLAUX. — *Comptes rendus.*

L'*azote albuminoïde*, préconisé par Wanklyn et dont on fait encore souvent usage, ne donne guère que la moitié de l'azote contenu dans l'eau, d'après les expériences faites au Conseil de santé de Massachusets.

Et on ne peut, comme le prétendait Wanklyn, dire qu'une eau est contaminée, si elle contient plus de 0,1 *mg* par litre d'azote albuminoïde, car le degré de contamination dépend de la provenance de cet azote (origine animale ou végétale).

Rapport du carbone à l'azote. — En Angleterre, M. Percy-Franckland a essayé de tirer une conclusion du rapport $\frac{C}{Az}$ déterminé suivant un procédé indiqué par lui.

Une eau serait bonne convenable si $\begin{cases} C < 2 \ mg \text{ par litre.} \\ Az < 0{,}2 \quad — \end{cases}$

Le tableau suivant indique quelques résultats cités par ce savant.

VALEUR de $\frac{C}{Az}$	NATURE DE L'EAU SOUMISE A L'ANALYSE	OBSERVATIONS
6 à 12	Eau non polluée de surface	On a eu $\frac{C}{Az} = 20$ avec des eaux tourbeuses.
4 à 10	Eaux de terres cultivées	Moyenne 6.
2 — 8	Eaux de puits peu profonds	Moyenne 6.
1,7	Eau de mer	
1 — 3	Eau d'égout	En général, on a $\frac{C}{Az} = 2$.

Une eau contiendrait des matières organiques d'origine végétale si le rapport $\frac{C}{Az}$ est grand, et au contraire, d'origine animale, si ce même rapport est petit; mais cela n'a rien d'absolu.

Cette méthode est très délicate et des écarts considérables peuvent être obtenus par des chimistes très exercés (1).

Procédé au permanganate de potasse. — Ce procédé, inventé par Forchammer, a été très perfectionné en France par M. Albert

(1) *The Analyst*, 1895, p. 159.

Lévy, Chef du Service chimique de l'Observatoire de Montsouris; il a pour but de donner des résultats comparatifs. Les résultats sont exprimés en oxygène emprunté au permanganate de potasse, pour la destruction des matières organiques. Ce procédé adopté par le Comité consultatif d'hygiène de France a servi à fixer les limites que nous avons reproduites plus haut. Il faut avoir bien soin d'opérer toujours de la même manière; j'ai montré combien les écarts peuvent être considérables si l'on opère d'après deux modes opératoires différents.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus avec le procédé au permanganate de potasse, d'après le procédé de M. Albert-Lévy en usage en France et le procédé Forchammer modifié par Franckland (1).

	D'après le procédé de M. Albert-Lévy	D'après le procédé Forchammer modifié par Franckland
Seine à Choisy-le-Roi.	2,92	1,53
Seine à Ivry.	3,00	1,66
Seine à Austerlitz	2,60	1,27
Seine à Argenteuil.	2,43	1,26
Marne à Neuilly	1,22	0,69
Marne à Saint-Maur	1,13	0,56
Ourcq, bassin de la Villette.	1,46	0,82
Avre (réservoir de Villejuif).	0,24	0,08
Drain d'Épinay (Gennevilliers)	1,13	0,39
Drain des Grésillons (Gennevilliers). .	1,05	0,36
Drain de Garenne (Achères).	0,65	0,24

Ce tableau montre que, pour les eaux de rivière, le procédé français donne des nombres doubles de ceux que donne le procédé anglais; tandis que, pour certaines eaux de source et de drainage, les nombres sont triples.

Il peut être intéressant de rapprocher de ce fait les tableaux dressés en France et en Angleterre pour la classification des eaux par l'estimation des matières organiques.

(1) Sur le dosage de la matière organique contenue dans l'eau au moyen du permanganate de potasse, par MM. Félix Marboutin et Michel Franck. (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3e série, t. 17, p. 888, 1897.)

Milligrammes d'oxygène empruntés au permanganate de potasse pour estimer la matière organique (par litre).

NATURE DE L'EAU	FRANCE d'après le Comité consultatif d'hygiène (procédé de M. ALBERT-LÉVY)	ANGLETERRE d'après FRANCKLAND (procédé FORCHAMMER)	
		EAUX DE SURFACES incultes	EAUX DE SURFACES autres que celles de surfaces incultes
	mg	*mg*	*mg*
Très pure.	moins de 1,0	moins de 1,0	moins de 0,5
Pureté moyenne. . .	de 1,0 à 2,0	de 1,0 à 3,0	de 0,5 à 1,5
Suspecte.	de 3,0 à 4,0	de 3,0 à 4,0	de 1,5 à 2,0
Impure.	plus de 4,0	plus de 4,0	plus de 2,0

Les eaux de rivière seraient donc classées dans les mêmes catégories en France et en Angleterre, malgré la divergence des résultats; mais il n'en serait pas toujours de même pour les eaux de source et de drainage.

En France, le Comité consultatif d'hygiène n'a pas cru devoir faire une différence entre les eaux provenant de surfaces incultes et celles qui n'en proviennent pas, et l'on voit qu'il est plus exigeant qu'en Angleterre pour les eaux de source ou de drainage.

M. Bonjean, chef du laboratoire du Comité consultatif d'hygiène, s'appuyant sur 1 127 analyses d'eau, a conclu que :

« Lorsque l'oxygène consommé par litre d'eau dépasse 1 *mg* » et que le chiffre obtenu en liqueur alcaline est supérieur au » chiffre obtenu en liqueur acide, on doit tenir pour suspecte » la matière organique contenue dans l'eau analysée ». Mais il a soin d'ajouter que cette conclusion doit toujours être interprétée avec réserve.

Il a en effet démontré que, si la conclusion précédente a été vérifiée 85 fois sur 100, il existe des anomalies étranges telles que celles données par l'eau ayant lavé des cadavres et le purin frais, qui donnent plus d'oxygène consommé en liqueur acide qu'en liqueur alcaline (1).

NITRITES.

La présence des nitrites dans une eau montre un état d'instabilité de la matière organique contenue dans cette eau; c'est

(1) *Recueil du Comité consultatif d'hygiène de France.*

pourquoi elle doit toujours être considérée comme un indice grave de contamination.

Les nitrites peuvent, en effet, provenir de deux causes : soit de l'oxydation incomplète des matières azotées dans un sol peu aéré, soit de la réduction des nitrates par des micro-organismes.

Il faut cependant ne pas oublier que la réduction des nitrates peut provenir aussi du contact de certains métaux, tels que le fer ou le plomb formant les canalisations ; la recherche de ces métaux fournira dans ce cas une précieuse indication.

Nitrates.

Les nitrates, contenus dans l'eau, proviennent de l'oxydation de la matière organique ; ils sont, en cela, intéressants à déterminer. La teneur en azote nitrique, si elle est élevée, donnera une indication très nette de la provenance des eaux ; mais dans le cas des eaux de sources qui nous occupent, cette teneur est rarement supérieure à 3 m^3 par litre ; c'est la variation de ces éléments qui pourra fournir des renseignements sur la filtration des eaux avant leur émergence. Il ne faut pas oublier cependant que si la putréfaction des matières organiques se fait en l'absence d'oxygène libre, c'est l'oxygène des nitrates qui sera employée pour cet usage et la réduction des nitrates pourra faire apparaître des nitrites ou même de l'azote libre (1) et que, d'autre part, la teneur en nitrate peut être diminuée par les phénomènes de nutrition des plantes.

Ammoniaque.

La présence de cet élément dans une eau de source doit toujours être considéréecomme un grave indice de contamination, et la recherche de l'origine de cet élément doit être faite avec soin. Il ne faut pas oublier, toutefois, que la réduction des nitrates par certains métaux peut donner de l'ammoniaque, et que quelques auteurs attribuent la présence de l'ammoniaque dans certaines eaux de puits profonds, à la réduction des nitrates par les sables ferrugineux. M. le docteur Brown (2) a appelé l'attention sur les teneurs en ammoniaque, souvent considérables, de certaines eaux de l'état de Massachusets manifestement

(1) *Eau de Bath* (Buxton et Wildbad (Tresh. Water supply, 1896).

(2) *Annual report. State Board of Health.* Massachuset 1892.

exemptes de pollutions. Ces eaux contiennent toutes de l'oxyde de fer et le fungus crenothrix; elles se troublent ordinairement lorsqu'elles sont exposées à l'air, en donnant un dépôt d'oxyde de fer.

Oxygène.

La présence de l'oxygène indique l'aération de l'eau; sa variation ne permet guère de se prononcer sur la qualité de l'eau, à moins qu'elle ne soit excessive.

M. Albert-Lévy (1) dose l'oxygène dissous dans l'eau au moment du prélèvement de l'échantillon et après 48 heures de séjour à l'abri de la lumière dans une étuve à 33°. La différence des deux chiffres ainsi trouvés rapportée à la teneur au moment d'un prélèvement, donne le *coefficient d'altérabilité*.

L'oxygène perdu pendant les 48 heures de séjour à l'étuve représente, en effet, la consommation des cellules organisées existant dans l'eau, les algues ne pouvant produire de l'oxygène, puisque l'échantillon est placé à l'abri de la lumière.

La détermination de ce coefficient pourra, dans certains cas, donner de précieux renseignements lorsque l'on ne sera pas suffisamment outillé pour faire des recherches bactériologiques.

M. Massol, en effet, dans son étude des eaux d'alimentation de la ville de Genève, a trouvé que le coefficient d'altérabilité confirmait pleinement les résultats de l'analyse bactériologique (2).

Éléments divers.

Les autres éléments contenus dans l'eau : chaux, carbonates, acide sulfurique, etc., peuvent aussi avoir leur intérêt au point de vue de l'analyse. En général, on devra doser les éléments susceptibles d'être apportés à l'eau par une cause de pollution. Il est bien difficile de dire, d'une manière absolue, quels sont les éléments à examiner. Nous avons indiqué les principaux en faisant un essai critique sur chacun d'eux. Dans chaque cas particulier le chimiste devra choisir; ce n'est qu'une étude approfondie qui donnera les éléments auxquels il devra attacher le plus d'importance.

Nous dirons un mot des caractères organoleptiques auxquels

(1) *Annuaires de l'Observatoire de Montsouris*, 1894.

(2) *Les eaux d'alimentation de la ville de Genève*, page 157 (1894).

il faut attacher une importance considérable, non parce qu'ils indiquent la nocivité d'une eau, mais parce que nous aimons tous à trouver dans nos aliments certaines qualités.

Limpidité. — Nous aimons à boire des eaux limpides, et nous sommes souvent tentés de rejeter une eau ne présentant pas une limpidité parfaite. Rien, cependant, ne peut être plus trompeur.

Une eau sera limpide si elle a été suffisamment décantée ou filtrée, mais cela ne veut pas dire qu'elle ait été épurée.

On a l'habitude, néanmoins, de considérer une eau accidentellement trouble comme mauvaise. Le trouble passager peut, en effet, provenir d'une *modification profonde* dans le régime des eaux souterraines, modification qui doit toujours être considérée comme dangereuse.

Coloration. — Les eaux très pures sont d'un beau bleu ciel, tandis que les eaux manifestement polluées par des détritus de toute nature, l'eau des fleuves, par exemple, tirent sur le vert et même le noirâtre.

Aux États-Unis, le Conseil de santé de l'État de Massachusets a fait des recherches qui lui ont montré que l'azote albuminoïde augmentait avec la couleur des eaux.

Odeur. — Une eau odorante est toujours à rejeter, les odeurs étant presque toujours dues à des végétations aquifères.

Saveur. — La saveur doit faire rejeter une eau de l'alimentation, non parce qu'elle serait nuisible, mais parce qu'elle répugnerait aux consommateurs.

BACTÉRIES.

Les recherches micrographiques ont, pendant longtemps, été limitées aux numérations bactériennes, puis, les connaissances scientifiques se développant, on a essayé d'isoler certains bacilles.

Les analyses quantitatives sont des plus intéressantes; mais il faut bien se persuader que les nombres absolus n'ont aucune valeur; les variations journalières peuvent, au contraire, donner une idée plus ou moins parfaite de l'épuration à laquelle l'eau a été soumise; c'est ainsi que M. le docteur Miquel (1) faisait pré-

(1) *Annuaires de Montsouris*, 1880. *Travaux de la Commission scientifique de l'Observatoire de Montsouris* pour les années 1899-1900, page 9.

voir, dès l'année 1878, que certaines eaux de sources devaient recevoir des apports d'eau superficielle.

Les analyses qualitatives seraient de beaucoup les plus importantes si elles pouvaient être réalisées; mais il est impossible de demander à un micrographe de déterminer toutes les espèces contenues journellement dans une eau; en effet, indépendamment du travail colossal que cela exigerait si toutes les espèces étaient connues, on n'est pas actuellement en mesure de déterminer avec sûreté la présence de certains bacilles, par exemple du bacille d'Eberth.

Voici ce que dit à ce sujet M. Duclaux (1) :

« On pourrait dire que le chiffre de la population microbienne
» des eaux serait sans importance, si on était sûr qu'elle ne con-
» tient aucun bacille typhique, et, si celui-ci avait une forme
» ou portait un costume qui le rende facilement reconnaissable,
» le microscope suffirait à faire l'analyse hygiénique d'une eau.

» Malheureusement, il n'en est pas ainsi, et le bacille typhique
» est, d'ordinaire, très difficile à distinguer d'autres bacilles peu
» dangereux ou même inoffensifs, qui habitent constamment
» l'intestin et qui forment les groupe de bacilles coli ou coli-
» bacille.

» Toutes les tentatives faites dans ce sens se sont montrées
» vaines et illusoires. Toutes les méthodes qui ont rencontré
» créance aboutissent, les unes après les autres, au doute... »

Ces conclusions sont extraites du rapport général que l'éminent Directeur de l'Institut Pasteur a écrit comme préface aux travaux de la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris, dont nous avons eu l'occasion de parler à tant de reprises.

Ces travaux ont ouvert une voie nouvelle à l'étude des eaux potables et il sera certainement fort intéressant pour les membres de notre Société d'en connaître les résultats au point de vue des sources de la Ville de Paris.

Notre but a été dans cette communication de montrer quel est actuellement le programme que comporte une étude complète des sources à capter et d'insister sur celles de ces études qui se rattachent le plus directement à l'art de l'Ingénieur.

(1) Rapport général sur les travaux de la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris.

LE RÉSONATEUR OUDIN BIPOLAIRE

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FILS (1)

PAR

M. O. ROCHEFORT

Dans la séance du 24 février 1899, notre savant collègue, M. Paul Janet, nous a exposé avec beaucoup de clarté, les théories actuellement admises sur les oscillations électriques de haute fréquence, la production des phénomènes dits de résonance et les effets produits dans les diélectriques des condensateurs.

Les appareils qui vous seront présentés aujourd'hui; sont des applications des hautes fréquences et destinés, l'un, le Résonateur Oudin Bipolaire, à l'électrothérapie, les autres, à la Télégraphie sans fil.

I. — **Résonateur Oudin Bipolaire** (2).

Pour décrire cet appareil, nous rappellerons ce qu'est le Résonateur Unipolaire, découvert par l'éminent docteur électrothérapeute Oudin.

Deux condensateurs, soit de forme carrée, soit bouteilles de Leyde *(fig. 1)* ont chacun leur armature interne reliée à une tige conductrice, terminée par une boule métallique. Chacune de ces tiges, A et B, porte une borne qui sera réunie à un des pôles, C et D. d'une source d'électricité à haute tension. La source est ici un de mes transformateurs.

L'armature externe E d'un des deux condensateurs est jointe à l'origine F d'un solénoïde; l'armature externe de l'autre condensateur en un point sur le solénoïde. Chargeons les deux condensateurs en rapprochant les boules assez près pour qu'une décharge oscillante se produise. Des oscillations synchrones aux étincelles de la décharge se produiront dans la partie F H du solénoïde, partie comprise dans le circuit des armatures externes, et un effluve oscillant se produira en K, extrémité du solénoïde,

(1) Voir planche n° 6.
(2) Brevet du 21 février 1900.

effluve qui sera maximum avec une dépense donnée pour un certain point d'insertion H convenablement choisi. Le point H varie sur le solénoïde avec la capacité des condensateurs, le nombre de spires du solénoïde et de celles qu'on lui ajoute. Il est indépendant de la distance des boules et de la puissance de charge. Un effluve très caractéristique se produit en K, c'est l'effluve Oudin qui, unipolaire, peut atteindre 12 centimètres dans les puissants appareils.

Les considérations qui conduisent au résonateur double sont les suivantes :

Examinons ce qui se passe *(fig. 1)* à la production d'un effluve d'un certain nom en K. Supposons que l'une des étincelles de la décharge oscillante est sur le point de se produire, et supposons dans la bouteille A un potentiel + et dans la bouteille B un potentiel —.

Les armatures externes EG, seront en E négatives et en G positives. L'étincelle éclatant, le courant produit sera du sens G H F E dans la partie H F que j'appelle primaire du solénoïde. Ce courant naissant G H F E, induira la partie K H et un courant de sens contraire naîtra qui aura sa tension maximum en K et potentiel — en ce point.

Par suite de l'oscillation de la décharge, l'étincelle suivante produira en K un effluve positif, et ainsi de suite. Nous voyons donc que les effluves produits en K changent de signes avec le sens des étincelles oscillantes de la décharge (ou, du moins, on peut le supposer) et ont le signe de l'armature reliée à F, origine du solénoïde.

On peut alors mettre un second solénoïde à côté du premier et relier E à L, puis, G à M. Si nous faisons éclater une étincelle, entre les boules A et B, en N et K des effluves de nom contraire se produiront, effluves qui devront s'attirer, mais il faut, pour cela, que la division en deux du courant de G à E se fasse exactement. Si nous avons les deux solénoïdes absolument semblables. de tels effluves se produiront en effet, qui s'attirent manifestement. Si nous relions E à M et G à L, nous aurions en N et K des effluves de même nom qui devront se repousser. Ces effluves, en effet, se repoussent manifestement.

Cette disposition a un grave défaut : elle nécessite un équilibre parfait des deux solénoïdes, équilibre très difficile à obtenir en pratique. Or, il faut pouvoir changer la capacité de l'un d'eux par rapport à l'autre.

Pour donner une certaine indépendance aux deux appareils, on est conduit à jumeller les armatures externes des bouteilles de Leyde ou, plus simplement, à composer le système d'éclateur de quatre bouteilles à armatures internes reliées deux par deux *(fig. 2)*. Nous avons ainsi deux résonateurs commandés par un seul éclateur, mais n'ayant aucun point commun dans leur circuit primaire.

Cette disposition donne toute satisfaction. C'est celle qu'emploie le docteur Oudin, qui préconise pour la tuberculose le mode d'application suivant : Le malade est réuni au pôle de l'un des solénoïdes qu'on accorde, en déplaçant le point H, avec sa capacité. On effluve avec un effluvateur à balai métallique. La dimension de l'effluve obtenu peut atteindre 70 centimètres, et le docteur Oudin estime qu'à dépense primaire égale, le résonateur bipolaire à dix fois la puissance du résonateur ordinaire.

La bipolarité peut s'obtenir par un autre mode de connexions, en n'employant qu'un résonateur, simple. Il consiste *(fig. 3)* à réunir les deux solénoïdes par les points F et M, et à réunir H à G et E à L. On peut, soit tenir les deux solénoïdes à côté l'un de l'autre, soit les superposer en ne les faisant plus former qu'un seul solénoïde dont on emploie la région médiane H L comme primaire. Cette dernière forme figure au brevet.

Ces dispositions ont le défaut de rendrê les deux solénoïdes solidaires comme la disposition de la figure 1.

Le résonateur bipolaire est actuellement en usage chez beaucoup d'électrothérapeutes : il sert à soigner la tuberculose, les maladies de la peau et les affections nerveuses. Les docteurs Oudin, de Paris, et Doumer, de Lille, bien connus pour leurs beaux travaux sur la tuberculose, l'emploient pour soigner cette grave affection.

II. — **Appareils de télégraphie sans fil.**

En télégraphie sans fil il y a le groupe émetteur, produisant les ondes de Hertz et le groupe récepteur, recevant ces ondes.

Un groupe émetteur comprend :

1° Une source d'électricité à bas potentiel ;
2° Un transformateur relevant ce potentiel à un haut voltage ;
3° Un oscillateur de Hertz ;
4° Une antenne émettrice ;
5° Un conducteur relié à la terre

La télégraphie sans fil peut se comparer, au point de vue pratique, au son : le groupe émetteur étant la voix et le groupe récepteur, l'oreille ; mais les ondes émises ne se traduisent à la réception que par la durée de leur émission, brèves et longues, reçues en alphabet Morse, soit au son dans un téléphone, soit écrite sur la bande d'un récepteur Morse.

La vibration électrique spéciale, de nature encore peu connue, est produite sur l'antenne par l'étincelle de Hertz. Cette étincelle est la décharge oscillante de deux condensateurs ; ici, l'antenne verticale semble former une armature et la terre l'autre armature ; le diélectrique est compris entre l'antenne et la terre.

L'éther, comme pour la lumière, semble être le milieu de propagation des ondes. Le croquis schématique 4 montre la disposition théorique d'un groupe émetteur. La source A est supposée une batterie de douze éléments d'accumulateurs ; le transformateur D à haut voltage est un transformateur spécial de mon système ; entre la source et le transformateur est un interrupteur oscillant (B) à mercure (l'oscillation produite indépendamment du courant du transformateur par une source séparée), un condensateur réglable (C) a ses deux armatures reliées des deux côtés de l'interruption du grand courant, un ampèremètre apériodique (N) et un manipulateur spécial (M) sont sur le circuit du grand courant.

Le transformateur est muni à chacune de ses deux bornes d'une tige à boule dorée. L'ensemble de ces deux boules, qui peuvent se rapprocher à volonté forme l'éclateur de Hertz. L'une des bornes (G) du transformateur est reliée à l'antenne (GH). L'autre pôle du transformateur est relié à un fil conducteur mis à la terre.

Nous décrirons chacun de ces organes tels qu'ils sont dans ces installations brevetées, puis j'indiquerai la manœuvre pour produire les signaux Morse.

La source (A). — Elle peut être constituée par des accumulateurs d'au moins 100 ampères-heure, pouvant donner leur décharge en dix heures. Elle peut être aussi le courant d'une dynamo à courant continu dont on réduira le potentiel, en général trop fort, par un rhéostat à manette. La consommation. est de 6 à 9 ampères sous 24 volts avec des accumulateurs ; on peut augmenter le voltage quand on dispose d'un courant de secteur de ville et d'un rhéostat.

Le manipulateur (M). — C'est un interrupteur spécial destiné à former les signaux Morse par brèves et longues. Il comprend une tige conductrice, munie d'un bouton isolant et qui appuie sur le bord d'un disque de cuivre rouge. Ce disque est placé au fond d'un gobelet de cuivre. Ce gobelet peut tourner pour, en cas d'usure, changer le point de contact du disque. Comme on coupe 9 ampères, les contacts se font dans du pétrole qui emplit le godet. Un ressort relève la tige quand la main le permet.

L'interrupteur (B). — Pour les postes sur les navires, l'interrupteur est à mercure ; le mouvement de la tige plongeante est commandé par un petit moteur électrique indépendant. Une couche de pétrole surmonte le mercure et c'est dans ce diélectrique que se fait la rupture.

Pour les postes à terre, c'est l'interrupteur oscillant à guide liquide, décrit ici dans une précédente communication, qui sert. La source séparée faisant osciller le fléau est figurée en S au schéma 4.

Le condensateur (C). — Il est à trois fiches, réglable de 30 à 100, par dixième de sa capacité totale.

Le transformateur (D). — Il est de type vertical, le modèle destiné à la télégraphie sans fil est intensif et unipolaire. Il est intensif parce que l'enroulement secondaire est formé d'une galette double obtenue en enroulant ensemble deux fils réunis seulement au pôle de départ et à celui d'arrivée. La forme de l'enroulement des spires doubles est celle de couches successives partant du centre de l'anneau pour aboutir à la périphérie. Cette forme d'enroulement donne une grande dissymétrie de potentiel aux deux bornes. La tension obtenue à la borne reliée au fil partant du centre de l'anneau est négligeable par rapport à la tension obtenue au pôle relié à la périphérie. Si le pôle à basse tension est à la terre, l'étincelle ne perd rien de sa longueur ni de sa quantité. Elle paraît même plus blanche et plus sèche. Cette forme d'enroulement nouvelle, brevetée, n'est possible qu'avec l'isolant pâteux spécial qui sert pour ces transformateurs. Il semble que certains phénomènes de condensation se produisent dans ces transformateurs qui donnent une étincelle éminemment propre à la télégraphie sans fil. Les bornes sont éloignées à 30 *cm*, mais l'étincelle pourrait éclater à 50, si les bornes étaient mises à cette distance. La hauteur du transfor-

mateur est de 85 *cm*, le diamètre de 28 *cm*. Il est peu encombrant à cause de sa forme et trouve facilement place à bord des navires. C'est ce transformateur qui a permis les belles expériences de MM. les lieutenants de marine française, Tissot et Jéhenne, de Brest, qui ont communiqué, à 80 *km*, de navire à navire avec 24 *m* d'antenne.

L'oscillateur de Hertz (EF). — Deux boules dorées, reliées par deux tiges à chacun des pôles du transformateur forment l'oscillateur de Hertz. Ces boules peuvent se rapprocher à volonté, pour avoir l'écartement convenable à la longueur de l'étincelle oscillante voulue. Nous pouvons obtenir avec des antennes de 35 *m* des étincelles nettement oscillantes de 9 *cm* de longueur.

L'antenne (GH). — L'antenne est suspendue par un isolateur spécial, en général, un bâton d'ébonite, de 50 *cm* de longueur, et de 2 *cm* de diamètre, coiffé d'une cloche isolante en porcelaine.

L'isolateur est lui-même, à bord des bateaux, attaché au câble en fil de fer qui réunit les mâts suivant l'axe du navire à 20 *m* environ du pont.

A terre, l'isolateur de suspension d'antenne est porté par une potence dont le corps est formé d'un véritable mât qui atteint 35 *m* de haut et qui est consolidé par des haubans. L'antenne elle-même est un petit câble de 8 *mm* environ de diamètre, formé de cinq ou six fils de cuivre ; il est bon qu'une gaine isolante, à la gutta, isole le câble d'antenne. L'extrémité basse de l'antenne va rejoindre le pôle à haute tension du transformateur. Cette extrémité est munie d'une fiche femelle pour pouvoir rapidement être enlevée et placée.

Le conducteur à la terre. — Le pôle à petite tension du transformateur est relié à la terre. A bord, cette terre c'est la coque en fer du navire qui, en contact avec l'eau, forme une excellente terre (car, en télégraphie sans fil, on peut dire, avec raison, que la meilleure terre c'est l'eau). A terre, si on est au bord de la mer, on aura tout intérêt à immerger dans l'eau une large plaque de cuivre. Si on est dans l'intérieur des terres, on placera la plaque dans un puits, ou, à défaut, on l'enterre dans un endroit humide. Le fil de terre doit être aussi gros que celui d'antenne. La mise réelle à la terre est très importante pour obtenir de grandes distances.

Fonctionnement de l'émission. — Pour faire fonctionner les appareils et émettre les signaux Morse, procéder comme suit *(fig. 4)* :

Mettre le moteur de l'interrupteur en marche. Rapprocher les boules EF à la distance voulue (de 2 à 9 *cm*) ; appuyer sur le bouton du manipulateur suivant le rythme des signaux Morse. A chaque appui, pendant un temps qui correspond à la durée du contact, des étincelles et par suite des décharges oscillantes sont produites chaque fois que la tige plongeante de l'interrupteur sort du mercure. Par rapport à la durée d'une décharge, le temps la séparant de la décharge suivante est considérable. La vitesse favorable de l'interrupteur paraît être de 14 à 30 par seconde. Cette décharge, composée d'un nombre d'étincelles de 10 à 50, est pratiquement instantanée. En éclairant par les décharges l'interrupteur qui les produit, l'interrupteur semble absolument immobile et n'accuse que les oscillations lentes et de peu d'amplitude de la surface du mercure.

On n'envoie donc, en somme, que 14 à 30 flux d'ondes par seconde, pendant la durée d'un contact du manipulateur. Cet envoi, comme nous allons le voir, permet l'inscription correcte au Morse, à la réception.

RÉCEPTION. — Nous venons de décrire le groupe des appareils émettant les ondes ; passons au groupe récepteur les rendant sensibles à nos sens (ouïe et vue).

Un groupe récepteur comprend *(fig. schématique 5)* :

1° Une antenne réceptrice (HG) ;

2° Un fil de terre relié à un côté du cohéreur ;

3° Un relais télégraphique (AB) d'un système ordinaire convenable, monté sur une pile locale d'un élément ;

4° Un cohéreur à limaille (CG) ;

5° Un frappeur décohéreur à électro-aimant (DEF) ;

6° Un récepteur Morse d'un type ordinaire (KLM).

Les électro-aimants D et K du frappeur et du Morse sont couplés en parallèle et branchés sur une grande source locale N de trois éléments d'accumulateurs, dont le circuit passe par le contact B que donne le relais.

Comme pour le groupe émetteur, je vais décrire chacun des organes du groupe récepteur et dire comment ils sont réunis électriquement.

1° *L'antenne.* — C'est la même que pour l'émission. Souvent on se contente de réunir l'antenne par sa fiche femelle (A') à la borne spéciale (A) *(fig. 6 et 7)*. C'est la position d'attente des signaux. La dépêche reçue, pour répondre, on enlève la fiche A' et on la place en G *(fig. 4)* sur le transformateur. Puis, la dépêche envoyée, on la remet en place sur le récepteur.

Quelquefois on a une antenne réceptrice spéciale.

2° *Le fil conducteur à la terre.* — C'est le même que celui de l'émission; il est aussi muni d'une fiche femelle et se place sur la borne spéciale (T) *(fig. 6 et 7)* du récepteur. On l'enlève en même temps que l'antenne pour l'émission et on le place sur la borne (I) du transformateur *(fig. 4)*.

3° *Le relais.* — C'est un relais télégraphique très sensible. Pour les postes à terre, on peut employer le relais très simple figuré en R *(fig. 6 et 7)*. Mais avec les mouvements d'un navire, un système polarisé à cadre avec axe vertical est préférable. La marine française emploie avec grand avantage l'excellent relais Claude, d'un type à un seul contact, qui s'accorde très bien avec l'ensemble récepteur ici décrit.

4° *Le cohéreur* (CG). — Le cohéreur est la partie importante et délicate du récepteur. Les cohéreurs à limaille ont été découverts par notre compatriote Branly. Ceux ici employés sont de deux sortes : le cohéreur Tissot, à réglage magnétique, et ceux brevetés par le signataire et qui peuvent être aussi rendus à réglage magnétique.

Un cohéreur Tissot *(fig. 9)* se compose de deux électrodes de fer doux de 3 à 5 *mm* de diamètre. Les deux électrodes sont à biseau et placées dans un tube de verre. Les biseaux sont symétriques et à 0,8 *mm* l'un de l'autre; une petite quantité de limaille de fer doux est placée entre les deux électrodes, formant, en coupe, un segment de cercle de 1 *mm* de flèche. Les deux électrodes sont maintenues par des fils de platine scellés aux deux bouts du tube, qui sont coiffés de calottes conductrices. Le vide de Geissler est fait dans le tube. Dans un tel tube, la pression de la limaille peut se régler par un aimant, comme nous l'expliquerons plus loin.

Le second cohéreur *(fig. 10)* se compose *(fig. 9)* de deux électrodes, dont l'une annulaire entoure un cylindre isolant (ébonite ou autre). Une tige conductrice passe dans l'électrode

tout en métal, puis dans le cylindre isolant. La tige et l'anneau sont respectivement soudés à deux fils de platine scellés aux deux bouts du tube. La limaille est mise entre les deux électrodes presque à effleurer la tige. Une sorte de cigarette de carbure de calcium dessèche le tube dans lequel on peut faire le vide. Ce cohéreur peut être magnétique ; il suffit de faire l'anneau en fer doux ainsi que la limaille et de munir l'autre électrode d'un anneau de fer doux égal. On peut aussi faire un biseau du côté de l'électrode à isolant.

5° *Le frappeur décohéreur* (DEF). — Les figures 6 et 7 montrent clairement ce frappeur à électro-aimant. Quand le courant de la grande source N *(fig. 5)* passe dans l'électro, il arrive par le contact à la lame R *(fig. 6)*, passe par G, puis par les bobines; l'armature est attirée et un coup frappe le tube en dessous ; le contact est interrompu par l'arrêt (B) et le ressort (J) ramène en place l'électro ; une nouvelle frappe se produit en-dessus du tube. Ce frappeur double nous est propre.

6° *Le récepteur Morse* (KLM). — C'est un récepteur Morse d'un type ordinaire, dont on réduit la vitesse de déroulement à 0,60 *m* à la minute.

Fonctionnement de la réception. — Un cohéreur à limaille, suivant la nature, l'état, les dimensions des électrodes et de la limaille, présente une résistance variable : admettons 15 000 ohms, par exemple ; nous réglerons le relais pour qu'à cette résistance le voltage de la pile locale B *(fig. 5)*, agissant sur le circuit du relais, ne ferme pas le contact B, mais qu'à une résistance moindre le relais fonctionne.

Faisons agir sur l'antenne des ondes hertziennes émises à distance. Le tube se cohère, c'est-à-dire que nous verrons sa résistance tomber brusquement de 15 000 ohms à 1 000, par exemple ; le courant qui passera alors sera suffisant pour agir sur le relais, et le grand courant pourra passer par le circuit que fermera le relais. Une fois le tube cohéré, il restera à sa seconde résistance, même quand l'action des ondes a cessé, si c'est, comme nous le supposons ici, un tube à poudre métallique.

Pour ramener le cohéreur à son état primitif de résistance, il suffira de le frapper légèrement : il se trouvera prêt pour un nouveau cohérage.

En somme, l'action des ondes hertziennes sur les limailles

métalliques est d'accroître leur conductibilité. M. Lodge attribue cette action à la formation entre les grains de limaille de soudures partielles. On peut, en effet, voir au microscope des chapelets qui semblent formés de grains agglomérés. Cette théorie de la soudure sous l'action des ondes, soudure rompue par le choc de décohérage, est actuellement celle qui est admise par presque tous les savants.

Le mécanisme de la réception peut maintenant être compris facilement *(schéma fig. 5)*. Un flux d'ondes hertziennes vient influencer l'antenne HG, son action cohère la limaille du tube GC, relié en G à l'antenne et en C à la terre. La conductibilité du tube devient suffisante pour que le courant de la pile P, qui suit le chemin PACGP soit assez fort pour aimanter le circuit du relais A, assez pour attirer la palette à ressort antagoniste et mettre en contact l'interrupteur B du relais.

Cet interrupteur livre passage au grand courant local N, suivant le chemin NBDN pour le frappeur, et NBKN pour le Morse. Le frappeur frappe et le Morse inscrit des points. A chaque frappe le tube se décohère et l'interrupteur B du relais s'ouvre. Si les flux d'ondes arrivent par intervalles très rapprochés, le roulement du marteau décohéreur sera rapide et le Morse tracera des points très rapprochés, se confondant en un trait. Si les flux d'ondes cessent d'arriver, puis reprennent, on aura un intervalle non inscrit au Morse. On comprend que des traits et des points formés à l'émission, soient ainsi reçus à la réception.

Les figures 6 et 7 donnent le dessin de notre récepteur. On voit qu'il y a un interrupteur MG qui ne figure pas au schéma *(fig. 5)*; il a pour rôle de provoquer un nouveau coup, si le tube n'a pas été décohéré au premier qu'il a reçu. La frappe du marteau est double, ce qui assure un décohérage plus parfait. Le tube cohéreur est tenu par pression entre deux lames flexibles qui portent une tête KL, emboîtant les capsules reliées à chaque électrode.

Le récepteur est disposé pour le réglage magnétique Tissot; à cet effet, un aimant en fer à cheval N, peut être approché ou éloigné du tube par un dispositif simple, indiqué au dessin.

L'action de l'aimant permet de régler extérieurement la résistance du tube à électrodes et limaille de fer doux, non soumis à l'action des ondes; on diminue cette résistance en approchant l'aimant, dont les lignes de forces sont parallèles à l'axe du tube. Cela s'appelle régler la pression de la limaille. On peut faire

tomber, par l'action d'un aimant, la résistance aussi bas qu'avec les ondes hertziennes et, l'aimant éloigné, la conductibilité acquise, reste ; le tube est vraiment cohéré.

Avec l'habitude, on peut recevoir au son les longues et les brèves du frappeur : un roulement ou un coup, et, de plus, le Morse écrit lisiblement la dépêche.

Tel est le récepteur par nous construit. Les connexions sont indiquées au dessin. En V une vis de calage, en S le shunt.

Autodécohéreurs. — Les cohéreurs à limaille sont les plus employés comme donnant seuls une constance et une sécurité suffisantes. Il existe d'autres cohéreurs, à décohésion spontanée, qui évitent l'emploi du relais B, du frappeur D et du Morse K. La réception a lieu au son dans deux récepteurs téléphoniques, suivant le schéma 8.

Ces autodécohéreurs sont, en général, à électrodes et poudre de charbon, ou électrodes métalliques (maillechort ou autre) et poudre de charbon à grain plus ou moins gros, ou poudre d'acier.

Les autodécohéreurs ont le défaut de ne présenter aucune fixité ; la moindre variation de pression leur occasionne des écarts très grands de résistance, dès qu'on les fait un peu sensibles.

C'est Hugues, l'inventeur du microphone, qui paraît avoir le premier parlé des autodécohéreurs au charbon. M. Thomasina, puis, presque en même temps, M. Popoff, les ont appliqués à la télégraphie sans fil. Du reste, on peut dire que tous les contacts imparfaits sont cohérables et beaucoup autodécohérables, mais le difficile, est de les obtenir à la fois sensibles et donnant la même différence de résistance entre la cohésion et la décohésion après avoir fonctionné un certain temps.

Anticohéreurs. — Un système intéressant est l'anticohéreur de Mengschwender et Schafer. Un morceau de miroir à l'argent est rayé d'un bord à l'autre par le fil d'une lame de rasoir. Si on entretient l'air humide près du morceau de miroir et qu'on le monte comme un cohéreur où chaque électrode serait un côté séparé de la surface d'argent ; le courant passe tout le temps, la résistance est de 50 ohms environ. Si on fait agir des ondes hertziennes, brusquement, la résistance monte à 8 000 ohms, d'où le nom d'anticohéreur. M. Belenschaffer a employé pratiquement ce procédé qui aurait, paraît-il, donné de bons résultats.

Considérations sur le secret des transmissions, synthonie. — Les ondes émettrices, partant de l'antenne, s'étendent circulairement et semblent suivre, pour se propager, des couches parallèles à la surface du sol. Les obstacles sont tournés jusqu'à un certain point, mais diminuent les distances de réception. En celà, l'émission ressemble à celle du son, mais elle est moins dirigeable à cause des grandes longueurs d'ondes (de 0,75 *m* à 4,50 *m*) qui rendent impossible la construction pratique de pavillons dirigeants.

On a cherché à construire des récepteurs ne vibrant qu'à un émetteur particulier et ne recevant pas d'un autre émetteur : c'est ce qu'on appelle la synthonie. C'est un accord de vibration entre le récepteur et l'émetteur. Bien des systèmes ont été proposés ; aucun ne donne actuellement satisfaction en pratique.

Une émission parasite peut troubler la réception en brouillant les signaux. Il est facile de ne recevoir que le signal le plus puissant en éliminant le plus faible par un rhéostat de self graduée, mis entre l'antenne et le tube. Pour être sûr du secret de l'émission, on peut employer un langage conventionnel.

CHRONIQUE

N° 254.

SOMMAIRE. — Les eaux de Paris. — Conduites d'eau en bois. — Écartement de voies à adopter pour les lignes exploitées par l'électricité. — Utilisation économique du combustible dans les transports maritimes. — Le combustible liquide. — Le jaugeage des tonneaux.

Les eaux de Paris. — Dans une communication faite le 14 novembre 1900, à la Société de Médecine publique et d'hygiène professionnelle, M. le docteur Prompt a appelé l'attention sur une ressource nouvelle à laquelle on pourrait avoir recours pour l'alimentation de Paris en eau pure.

Si on admet comme principe fondamental la proscription absolue et rigoureuse du système de l'adduction des petites sources, il est naturel de penser aux eaux lacustres des hautes montagnes, qui se purifient d'elles-mêmes par le système de la décantation, et qui d'ailleurs, sont affectées à l'observation sous forme de grandes masses, dont la qualité peut être vérifiée facilement à chaque instant. C'est ce qui a donné lieu au projet qui a pour but d'amener à Paris les eaux du Léman. L'auteur pense que les réserves à utiliser doivent être de préférence les eaux de la Loire, seulement ces eaux doivent être aménagées. On devra diviser les eaux qui alimentent la Loire en deux portions distinctes, dont l'une sera amenée à Paris, tandis que l'autre sera déversée dans le fleuve pour améliorer son étiage pendant la saison chaude.

Ces conditions se trouvent réunies dans le projet d'Issarlès, qui a été conçu il y a environ douze ans, par un ingénieur à qui on doit, en France, en Espagne et en Égypte, des travaux considérables. Repoussé à cette époque, par suite de la préférence qu'on accordait au système des petites sources, le projet d'Issarlès présente de l'intérêt, puisque l'usage des petites sources donne lieu à des résultats fâcheux, qui prouvent qu'on ne peut pas le conserver.

Le lac d'Issarlès est situé dans le département de l'Ardèche, à quelques kilomètres des sources de la Loire. Il a une forme ovalaire et la nappe d'eau est à l'altitude de 1 000 *m* en nombre rond. Sa superficie est de 91 *ha*, sa plus grande profondeur est de 108 *m* ; il n'a ni émissaire, ni affluents visibles. A partir du lac, le terrain, sur la droite, est en pente douce et régulière sur un point, tandis que le lac est entouré, sur tout le reste du périmètre, de montagnes. La pente est à peu près du quinzième. A 1 500 *km* du lac, elle aboutit au confluent de la Loire et de la Veyrardère. Autour de cette pente, les montagnes se relèvent et forment un ravin qui est de plus en plus profond à mesure qu'on descend vers la Loire. Il résulte de cette disposition, qu'un aqueduc souterrain viderait dans la Loire la totalité des eaux du lac. On conçoit que toutes les rivières des environs peuvent être déversées dans le lac sans

que sa pureté soit altérée. Il en sera de ces cours d'eau, comme de ceux qui tombent dans le Léman, les éléments impurs qu'ils peuvent introduire, disparaîtront par le mécanisme de la décantation. Du reste, à l'altitude de 1 000 *m*, ces éléments sont de peu d'importance.

On a indiqué plus haut la présence d'une sorte d'échancrure dans le cirque de montagnes qui entoure le lac. Cette échancrure a, à un point élevé de 30 *m* au-dessus du niveau du lac, une longueur de 200 *m* ; il suffirait donc d'établir un barrage de 200 *m* de longueur et d'une hauteur moyenne de 10 *m*, pour donner 30 *m* de profondeur de plus à la cuvette qui peut renfermer les eaux provenant de dérivations artificielles.

Ce procédé permettrait de porter à 90 millions de mètres cubes, la capacité du lac qui est actuellement de 60 millions.

Si on remonte le cours de la Loire à partir de la limite du département de l'Ardèche, on voit que, sur une longueur de 4,500 *km*, elle est encaissée dans une vallée étroite et profonde, où le volume de ses eaux ne peut pas augmenter sensiblement. On arrive ainsi au confluent de la Veyrardère. Plus haut, on trouve un affluent de droite, la Gage, et un affluent de gauche le Clut. En suivant la vallée jusqu'à la cote 1 050 *m*, on ne trouve pas d'affluent. On voit donc que, si on veut jeter dans le lac d'Issarlès la totalité des eaux que le fleuve emmène dans la département de la Haute-Loire, il suffira de capter pour cet objet le Veyrardère, le Clut, la Gage et enfin la Loire elle-même, prise à la cote 1 050.

On a dit plus haut qu'un aqueduc souterrain serait construit pour évacuer les eaux du lac dans la vallée de la Loire ; de là, un aqueduc les conduira le long de cette vallée. Elles devront la quitter à la Charité, qui est à la cote 161, pour aller aboutir, par exemple, dans la vallée de l'Yonne, à Clamecy, à la cote 140, De Clamecy à Paris, les conduites se logeront dans la vallée de l'Yonne et dans la vallée de la Seine. A Paris, une usine pourra être établie pour les relever au-dessus des quartiers hauts de la ville, et pour les faire aboutir à un château-d'eau. Il y aura à Paris, un réservoir d'une contenance de 5 millions de litres.

Ces dispositions étant bien comprises, voici comment on opérera. Admettons que le début de l'exploitation ait lieu quatre mois avant l'étiage, et prenons le chiffre rond de 30 millions de mètres cubes par an, qui correspond sensiblement à 1 m^3 par seconde. On laissera d'abord les rivières de la haute vallée de la Loire couler dans leur lit comme d'habitude. On déversera l'eau du lac dans l'aqueduc qui se dirige vers Paris. Si cet aqueduc fonctionnait toute l'année, il débiterait 45 millions de mètres cubes. Il lui faudrait donc pour remplir le réservoir de Paris le neuvième de l'année, soit un peu moins de deux mois. Ce réservoir sera donc rempli deux mois avant l'étiage.

A ce moment on commencera la distribution de l'eau et on la continuera pendant six mois. Pendant ce temps, Paris recevra 1,500 m^3 par seconde, c'est-à-dire, par tête d'habitant et par jour, 50 *l* de plus que ce qui a lieu actuellement. En outre; il y aura une réserve de 5 millions de mètres cubes, ce qui suffit pour fournir 1 m^3 par seconde pendant deux mois ou 2 m^3 pendant un mois.

Ainsi les 50 *l* de surplus journalier par tête, pourront être portés à 83

pendant deux mois, ou à 166 pendant un mois. C'est plus qu'il n'en faut pour parer à toutes les éventualités.

Le lac perdra ainsi, pendant la première année, 27 millions de mètres cubes. On recommencera de même pendant la seconde année, et le lac qui a 60 millions de mètres cubes, en perdra encore 27 ; il ne lui en restera plus que 6 millions, auxquels on ne touchera pas, pour ne pas prendre les eaux impures du fond.

Aussitôt l'étiage fini, on versera les rivières des hautes vallées dans les rigoles d'adduction ; elles amèneront pendant les huit mois de grandes eaux 90 millions de mètres cubes. On en prendra l'année suivante 27 millions pour Paris, comme précédemment et on continuera de même tous les ans. En admettant qu'on laisse toujours 10 millions de mètres cubes au fond du lac, on voit qu'on disposera tous les ans, pendant l'étiage, après le prélèvement effectué pour Paris, d'une quantité d'eau égale à 53 millions de mètres cubes, soit en chiffres ronds, 50 millions.

Si donc, on fait tomber dans la Loire, pendant les quatre mois d'étiage, ces 50 milllions de mètres cubes, le fleuve appauvri de 4 1/2 m^3 pendant les grandes eaux, ce qui n'est rien, se trouvera augmenté de 5 m^3 pendant l'étiage, ce qui est considérable, puisqu'à Orléans, l'étiage s'abaisse, dans certaines années, jusqu'à 10 m^3.

L'évaluation de la dépense de travaux de ce genre, exigerait une étude approfondie sur le terrain, mais l'auteur pense que le chiffre de 120 millions peut être indiqué approximativement. L'intérêt de ce capital serait largement couvert par les produits de la vente de 27 millions de mètres cubes au prix de 0,25 *f* le mètre cube.

M. le docteur Prompt termine par une comparaison de ce projet avec celui de l'adduction des eaux du Léman auquel il trouve des inconvénients qui doivent l'empêcher d'être pris en considération.

Cette communication a été suivie d'une discussion à laquelle ont pris part plusieurs personnes les unes pour approuver le projet, les autres pour le critiquer. M. Bechmann considère ce projet qu'il ignorait absolument comme intéressant et digne d'attirer l'attention. Mais il considère comme une grosse objection la nécessité d'établir au voisinage de Paris un réservoir de très grandes dimensions dont l'exécution reviendrait à 15 à 20 *f* par mètre cube d'eau logée. Pour 5 millions de mètres cubes, la dépense s'élèverait déjà pour le réservoir seul à un chiffre allant de 75 à 100 millions. Ces chiffres sont contestés par M. le docteur Prompt qui les trouve très exagérés.

Nous avons résumé tout ce qui précède du compte rendu *in extenso* donné par la *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, n° 12 de 1900.

Conduites d'eau en bois. — Nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler des conduites d'eau en bois formées de douves assemblées et cerclées en usage aux États-Unis.

M. W. C. Hawley, Ingénieur du service des eaux de la ville d'Atlantic City vient de faire un rapport intéressant sur cette application. Il s'agit d'une conduite de 0,915 *m* de diamètre sous-pression.

Cette conduite est placée sur 6,500 *m* le long d'une voie ferrée et la

conduite actuelle en fonte subit des ébranlements très préjudiciables à son étanchéité; de plus le sol imprégné de matières salines à cause du voisinage de la mer amène une corrosion rapide du métal. Dans ces conditions M. Hawley fut amené à faire une enquête sur les résultats obtenus de tuyaux en bois et de tuyaux en tôle d'acier. A la suite de cette enquête et des résultats qu'elle a donnés, il n'a pas hésité à recommander l'adoption des tuyaux en bois pour les raisons suivantes :

1° Les conduites en douves de bois sont continues tandis que les tuyaux en fonte sont par bouts assemblés par des joints dont il y a au moins un tous les 3,50 *m*.

Ces joints n'ont pas une élasticité suffisante et c'est un grave inconvénient dans les conditions indiquées plus haut.

2° La durée est le point unique sur lequel la fonte peut lutter avec le bois; or, cette durée est très compromise dans le cas actuel en présence de la nature du terrain. On peut donner aux douves de bois une épaisseur suffisante pour que le bois soit toujours imprégné par l'eau sous pression et cette condition est excellente pour la conservation, car on sait que le bois mouillé est toujours à l'abri du contact de l'air et n'a pas à craindre la pourriture. La durée de la conduite n'est donc limitée que par celle des cercles. Il est facile de protéger ceux-ci et d'assurer leur conservation beaucoup plus que de prévenir l'oxydation d'un tuyau métallique. D'ailleurs, le remplacement de quelques cercles est une opération facile et peu coûteuse.

3° Les conduites en bois sont beaucoup moins sujettes aux ruptures et aux fuites que les conduites en fonte. On peut leur donner autant de résistance qu'il est nécessaire. S'il se produisait une pression excessive à l'intérieur, des fuites surviendraient qui joueraient le rôle de soupapes de sûreté et préviendraient toute rupture.

4° Il est plus facile de réparer une conduite en bois qu'une en fonte. Le remplacement d'un cercle ou d'une douve est une opération très aisée.

Il n'en est pas de même pour remplacer des tuyaux en fonte de 0,915 *m* de diamètre qui pèsent de 1 800 à 1 900 *kg* et dont il faut démonter et refaire les joints en plomb dans des tranchées.

5° La différence de poids qui est en faveur du bois est un facteur très important dans des terrains mous comme ceux dont il s'agit.

Il est très difficile d'empêcher le tassement de grosses conduites de fonte dans un sol marécageux.

6° Le débit des conduites en bois est, à diamètre égal, notablement supérieur à celui des tuyaux en fonte à cause du poli des surfaces intérieures et ce poli ne s'altère pas. L'expérience a permis de constater que, pour un diamètre de 0,915 *m* le débit est de 10 0/0 supérieur pour le bois comparé à la fonte neuve; au bout de quelques années, quand la fonte s'est couverte d'incrustation, la différence arrive à 40 0/0.

Le rapporteur étudie ensuite le cas des tuyaux en tôle d'acier. Il admet que ces tuyaux, faits en tôle de 6 *mm* d'épaisseur, sont préférables à la fonte pour les terrains peu résistants et craignent moins les vibrations causées par le voisinage d'une voie ferrée. Mais ils sont très sujets à la corrosion en présence de l'eau salée et ils exigent de grands soins pour leur protection.

L'expérience indique que, dans des conditions analogues, il est prudent de ne pas employer de tôles de moins de 6 *mm*, et de les protéger avec une double couche d'un enduit bitumineux. On doit veiller à ce que cet enduit ne soit entamé en aucun point avant de descendre les tuyaux dans la tranchée.

Mais ces soins sont si minutieux et les chances de corrosion dans ces conditions sont si grandes qu'il est à peu près impossible d'être sûr de la conservation des tuyaux et on doit s'attendre à ce qu'en dépit de toutes les précautions, la durée de conduites de ce genre sera assez limitée et que les dépenses d'entretien seront très élevées, ce qui ne sera pas le cas avec les tuyaux en bois. Nous résumons ce qui précède d'un article de l'*Engineering Record.*

Écartement de voie à adopter pour les lignes exploitées par l'électricité. — Un rapport de M. F. Gunderloch présenté à la dernière session du Congrès international des tramways discute la question de l'écartement de voie à adopter pour les tramways électriques au point de vue des dispositions mécaniques et notamment de la facilité d'installer des moteurs assez puissants.

En présence des avantages de l'emploi des voitures automobiles électriques sur les tramways de ville, on a été conduit à étendre ces lignes à l'extérieur et ces prolongements ont soulevé de nouvelles questions.

On a été amené à prévoir l'augmentation de la vitesse et par suite l'emploi de moteurs plus puissants.

La variation du trafic suivant les heures de la journée a provoqué l'usage de voitures d'attelage et dans certains cas, de véritables trains. En général, quand on projette un tramway électrique, il est toujours nécessaire de prévoir les extensions possibles et de disposer les choses pour rendre ces extensions faciles à réaliser.

Un point important dans cet ordre d'idées est le choix de l'écartement de la voie. Les voies au-dessous d'un mètre étant rarement employées, le rapporteur s'est borné à la comparaison entre la voie normale et la voie de 1 *m*. Des réponses envoyées par différentes Compagnies de tramways au nombre de 11, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La voie étroite facilite la circulation dans les courbes. Mais avec les types actuels de voitures automobiles ayant un écartement d'essieux de 1,60 à 2 *m*, cet avantage est peu sensible. On a constaté que, sur 61 lignes exploitées par l'électricité ayant des rayons de 20 *m* et au-dessous, 33 avaient l'écartement normal et 28 seulement l'écartement de 1 *m*.

Cela semble bien indiquer que la présence de quelques courbes de faible rayon n'a pas assez d'importance pour faire adopter l'écartement réduit.

2° La construction à la voie étroite est moins coûteuse qu'à la voie normale. Cette question n'a d'importance que si la compagnie exploitante a l'établissement de la voie à sa charge et si la ligne à une certaine longueur.

3° Comme les lignes électriques sont appelées à faire de plus en plus

concurrence aux lignes à vapeur, surtout pour le transport des marchandises, elles ont intérêt à adopter la voies normale qui permet à leurs wagons d'entrer dans les gares et d'éviter des frais de transbordement. Pour réaliser ces conditions, les précautions suivantes doivent être observées dans l'établissement des voies.

a) Il ne doit pas y avoir de courbes d'un rayon inférieur à 150 *m*.

b) La voie doit être établie de manière à pouvoir supporter des charges par roue de 6 000 *kg* avec une vitesse de 30 *km* à l'heure.

c) Il doit y avoir au-dessus de la voie un espace libre de 0,76 *m*.

d) Les axes des voies adjacentes doivent être à une distance d'au moins 4 *m*.

e) Il faut éviter les rampes qui amèneraient une surcharge des moteurs pendant un temps un peu prolongé.

f) L'installation des freins et la vitesse de marche sur les voies publiques devront être telles que le train puisse être arrêté sur les distances prescrites par les règlements.

Il est à remarquer que pas mal de lignes établies primitivement à la voie étroite ont déjà été mises à la voie normale ou tout au moins ont été pourvues d'un troisième rail.

4° Comme les moteurs sont disposés entre les roues, il est évident qu'on peut employer des moteurs plus puissants avec la voie normale.

Pour compenser cette différence, on est souvent obligé de mettre deux moteurs sur les véhicules à voie étroite, ce qui augmente les dépenses d'établissement, mais cette disposition donne plus de sécurité en cas d'avarie à un moteur. En outre, la duplication des moteurs donne un meilleur équilibre et plus de douceur lors du démarrage ; enfin l'emploi de deux moteurs et d'un régulateur en série parallèle permet de régler plus facilement la voiture.

On peut aussi accrocher une voiture d'attelage ou même un wagon à marchandises aux heures où le trafic des voyageurs est peu intense. Mais si on emploie deux moteurs sur un véhicule à voie normale, il faudrait, pour réaliser la même puissance sur la voie étroite, installer quatre moteurs, ce qui deviendrait très coûteux. D'autre part il est avantageux d'employer des moteurs plus grands, tournant à plus faible vitesse avec les armatures montées directement sur les essieux des roues, ce qui dispense des transmissions retardatrices. Ce n'est pas possible avec la voie étroite.

5° L'emploi de moteurs puissants sur la voie étroite prend tout l'espace entre les roues ; les différentes parties sont donc moins accessibles, ce qui est un inconvénient sérieux. Les moteurs se trouvent aussi plus exposés aux projections d'eau par les roues en marche, parce qu'il n'y a plus la place de mettre des enveloppes pour les abriter.

6° Le manque de place empêche d'installer des pompes à air pour le service des freins et, en tout cas, l'établissement des freins est plus difficile sur les voitures à voie étroite pour la même raison.

7° Les voitures à voie normale ont plus de stabilité que les voitures à voie étroite. Dans ces dernières, les couvre-roues sont très gênants avec les banquettes placées en long.

8° Pour terminer, on doit faire remarquer que bien souvent un écar-

tement réduit a été adopté pour la seule raison que la voie tient moins de place sur les voies publiques qu'avec l'écartement normal. Ce raisonnement est tout à fait erroné. L'expérience montre que les véhicules ordinaires ne suivent pas la voie étroite mais circulent à côté et encombrent davantage les rues et routes. De plus, comme les voitures à voie étroite ont à peu près la même largeur que les voitures à voie normale, elles occupent le même espace.

On peut conclure de ce qui précède que la voie normale possède pour les tramways électriques des avantages assez sérieux pour expliquer son emploi presque général.

Utilisation économique du combustible dans les transports maritimes.. — Les Central Marine Engine Works, de West-Hartlepool, construisirent en 1896 un navire l'*Inchmona* muni d'une machine à quadruple expansion du système Mudd qui donna des résultats économiques très remarquables, la consommation par cheval indiqué n'ayant pas dépassé 1 livre, soit 0,453 *kg*. La disposition essentielle du moteur était d'avoir cinq cylindres, un à haute pression, deux intermédiaires et deux à basse pression, ces cinq cylindres agissant chacun sur un coude de l'arbre et les cinq coudes partageant la circonférence en parties égales.

Les bons résultats obtenus ayant été confirmés par une expérience de plusieurs années, les mêmes chantiers ont construit deux nouveaux navires avec machines du même type l'*Inchkeith* et l'*Inchdune*.

Ces machines ont des enveloppes de vapeur complètes à tous les cylindres sauf le premier, et toutes les parties contenant de la vapeur sont protégées contre le refroidissement extérieur par de l'amiante. Le cylindre à haute pression a 0,432 *m* de diamètre, le premier intermédiaire 0,610 *m*, le second 0,864 *m*, et les deux cylindres à basse pression 1,067 *m*; la course est pour tous de 1,067 *m*. Les volumes successifs sont donc dans les rapports de 1, 2, 4 et 12

La vapeur est fournie à la pression de 19 *kg* par des chaudières tubulaires cylindriques à retour de flamme. On peut signaler trois dispositions particulières, d'abord un surchauffeur qui porte la température de la vapeur de 210° à 240° C. en abaissant la température des gaz sortout des tubes de 310° à 280° C., puis un appareil à chauffer l'air qui le prend à l'extérieur à 11° par exemple et le porte à la température de 140° C. pour l'envoyer sous les grilles, en abaissant encore la température de la fumée de 25°. Enfin l'eau d'alimentation prise à la bâche à 35° est réchauffée à 98° par contact direct avec de la vapeur et à 185° dans un réchauffeur tubulaire au sortir duquel l'eau est filtrée avant de passer aux chaudières. Les gaz de la combustion sont refoulés dans la cheminée par un ventilateur centrifuge et ils sortent à une température de 160°, inférieur de 50° environ à celle de la vapeur dans les chaudières.

Toutes ces dispositions ont permis de réaliser dans un voyage d'essai entre Hartlepool et Douvres au cours duquel ont été faites les observations relatées ci-dessus, une consommation de combustible descendant à 0,44 *kg* par cheval indiqué et par heure, la plus basse probablement qui ait jamais été constatée sur un moteur à vapeur.

En admettant même la consommation ronde de 1 livre ou 0,453 *kg* par cheval-heure, c'est, par 24 heures, 15 500 *kg* pour propulser 6 170 *tx* à 9 1/2 nœuds ou 13 230 *kg* pour 9 nœuds. Il en résulte que l'on brûle 61 *kg* pour faire parcourir une distance d'un mille à cette masse, ou 10 *g* pour un tonneau. A 20 *f* la tonne de charbon, c'est une dépense de 2 centièmes de centime.

Il y a quarante ans, les grands paquebots des Messageries de l'époque brûlaient, à la même vitesse de 9 nœuds, 100 *g* de charbon par tonneau de déplacement pour faire 1 mille, soit 10 fois plus, mais pour un déplacement bien moindre. Le vaisseau le *Napoléon*, qui eut une utilisation économique remarquable, et dont le déplacement se rapprochait sensiblement de celui du vapeur dont nous nous occupons, brûlait, à la vitesse de 9 nœuds, 52 *g* par tonneau pour un mille, soit cinq fois plus. On doit donc conclure qu'on peut arriver aujourd'hui à obtenir sur mer une utilisation économique du combustible quatre fois au moins plus grande, à conditions égales, qu'il y a quarante ans.

Le *Deutschland*, dont nous avons parlé dans la dernière Chronique, consomme 572 *t* par 24 heures pour une vitesse de 23 nœuds, c'est donc 24 830 *kg* par heure, soit 1 080 *kg* pour propulser à 1 mille son déplacement de 23 000 tonneaux, ce qui fait 47 *g* par tonneau, pour une vitesse deux fois et demie plus grande mais avec un déplacement presque quadruple dont l'influence favorable compense en partie l'accroissement de dépense dû à la plus grande vitesse.

Le Combustible liquide. — Depuis quelques années, la production du pétrole s'est développée en Californie à un degré tel que les chemins de fer de ces régions ont pu considérer déjà comme possible l'emploi du combustible liquide dans les locomotives. Bien que les essais aient été tentés dès qu'on a pu se procurer le pétrole à des prix permettant de lutter avec le charbon dont le prix s'élève dans certains districts de la Californie à 35 à 40 *f* la tonne, la difficulté de se procurer l'huile en quantités suffisantes n'a été levée que depuis deux ans environ. Mais pendant ce temps on a développé l'exploitation des gisements de pétrole de la province de Santa-Fé et on dispose maintenant d'une production assez considérable pour justifier l'emploi du combustible liquide d'une manière normale sur les locomotives. Ainsi le Santa-Fé R. R. et le Southern Pacific ont actuellement déjà 200 locomotives installées dans ces conditions et ce nombre va en augmentant. La première de ces lignes emploie 30 000 barils de pétrole par mois et vient de passer avec quelques grands producteurs des marchés pour la fourniture de 750 000 barils par an qui s'ajouteront à la quantité extraite des puits qu'elle exploite elle-même.

Dans les gares d'alimentation, le pétrole se manipule à peu près comme l'eau, c'est-à-dire qu'il est contenu dans des réservoirs de 100 000 à 120 000 *l* généralement placés deux côte à côte sur un massif de maçonnerie qui les met à une hauteur suffisante pour que l'huile puisse couler naturellement dans les caisses des tenders. On place généralement sur les locomotives un réservoir dans la partie occupée précédemment par le charbon, mais dans certains cas on construit les tenders

de manière que la caisse à eau enveloppe de toute part, sauf à la partie inférieure, le réservoir à huile.

On dispose sur ce réservoir une soupape de sûreté pour prévenir une explosion résultant d'une accumulation de gaz; il règne dans ce réservoir une pression d'air de 1/4 à 1/3 d'atmosphère au plus pour déterminer l'écoulement de l'huile vers le brûleur.

Le brûleur employé sur le Santa-Fé se compose d'une pièce de fonte formant deux capacités, laquelle est fixée à la chaudière à la partie inférieure de la face arrière. L'huile venant du tender en traversant une soupape régulatrice contrôlée par le chauffeur sort par l'orifice de la chambre supérieure, orifice qui a 75 *mm* de largeur et 12 *mm* de hauteur. A sa sortie, le jet d'huile rencontre un jet de vapeur en lame mince sortant de la chambre inférieure par un orifice de 87 *mm* sur 0,8 *mm* et qui l'envoie dans le foyer à l'état pulvérisé.

Le brûleur employé sur le Southern Pacific a trois capacités avec orifices; la première sert à l'arrivée de l'huile, la seconde amène la vapeur qui entraîne l'huile et la troisième qui est au centre amène de l'air qui se mélange au pétrole pulvérisé; le tout pénètre dans la boîte à feu par le même orifice. Ce brûleur traverse la lame d'eau arrière du foyer au-dessus du cadre inférieur. La différence essentielle entre les deux systèmes est que, dans le premier, le jet de pétrole pulvérisé est projeté verticalement dans le foyer et l'accès de l'air, réglé par les clapets du cendrier; tandis que, dans le système du Northern Pacific, le jet est horizontal et l'air introduit, partie avec le jet lui-même et partie par les ouvertures de la sole en briques qui remplace la grille.

Le Santa-Fé R. R. a expérimenté plusieurs dispositions de garnitures réfractaires pour les foyers. L'emploi de ces garnitures repose sur diverses raisons. Sans elles l'action de la flamme serait trop vive sur les tôles du foyer surtout si on considère que le degré de chaleur peut varier presque instantanément et la moindre négligence du personnel pourrait amener des résultats fâcheux. La place de la grille doit être garnie d'une sole réfractaire, d'abord pour réduire au taux convenable la section d'arrivée de l'air, mais aussi et principalement parce que cette sole doit former une masse incandescente sur laquelle doit arriver le pétrole en poussière si on veut que la combustion se fasse dans les conditions les plus favorables. Le massif de briques, une fois chaud, conserve une température assez élevée pour qu'on puisse éteindre la flamme en arrivant aux gares et la rallumer naturellement en en partant. Le volume de la flamme est très grand et il faut installer une voûte en briques pour en retarder le plus possible la sortie de la boîte à feu. Lorsque le brûleur est placé en avant du foyer, le pétrole pulvérisé est projeté en sens inverse du tirage et la flamme doit revenir sur elle-même pour atteindre les tubes. Cette disposition conduit à l'emploi d'une plus grande quantité de briques réfractaires et il semble admis que les résultats sont plus avantageux.

En dehors de la réduction de la consommation par unité de distance, l'emploi du combustible liquide présente divers avantages par rapport au charbon. Un approvisionnement de 7 *t* d'huile peut être considéré comme l'équivalent de 10 *t* de charbon ou un peu plus. Il faut faire

entrer en ligne de compte la rapidité de chargement des tenders, l'absence complète de main-d'œuvre pour ce chargement et pour celui du foyer, la suppression des cendres et des étincelles, la facilité du réglage de la combustion; tout cela se traduit par une économie en argent par rapport au charbon.

L'installation comprend une conduite d'air comprimé allant de la machine au réservoir d'huile et destinée à assurer l'écoulement rapide du pétrole. Une soupape de sûreté placée sur le réservoir empêche la pression de l'air de dépasser la limite indiquée plus haut et prévient en outre les accidents pouvant résulter d'une accumulation de gaz. Le pétrole sort par un tuyau muni d'un clapet que tient soulevé une ficelle rattachée à l'abri de la locomotive. Si l'attache de la machine et du tender vient à se rompre, la ficelle casse et le clapet se ferme, ce qui empêche le pétrole de se répandre à terre. En somme, partout où on a essayé l'emploi de l'huile, on a été satisfait et le nombre des locomotives installées pour cet emploi augmente rapidement. Les renseignements ci-dessus sont extraits du *Railway Review*.

Nous trouvons dans l'*Engineering Magazine* la note suivante sur l'emploi du pétrole comme combustible.

Bien que l'emploi du combustible liquide sur les bateaux à vapeur et chemins de fer des régions voisines de la mer Noire et de la Caspienne remonte déjà à plusieurs années, ce n'est que récemment qu'on a pu obtenir, sur divers parcours de lignes de navigation, une alimentation assez régulière pour permettre de munir les paquebots d'appareils pour employer exclusivement le pétrole. Aujourd'hui le nombre des endroits sur les mers de l'est où on peut se procurer l'huile minérale d'une manière courante est devenu assez considérable pour que la question de la préférence à donner au pétrole sur le charbon doive être considérée très sérieusement par les armateurs de navires, naviguant dans l'Extrême-Orient.

Pour cette raison, le mémoire lu par M. E. L. Orde à la North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, dans lequel l'auteur discute à fond le sujet du combustible liquide est-il tout à fait d'actualité.

Le premier point à examiner est celui du prix de l'huile et de son pouvoir calorifique comparés à ceux du charbon. On doit aussi tenir compte, dans une large mesure, de l'effet des divers combustibles au point de vue de la durée des chaudières et des chances plus ou moins grandes d'accidents.

La question du prix du combustible est plutôt du domaine commercial que du domaine technique, parce qu'elle varie suivant diverses conditions. Aussi M. Orde ne s'y arrête-t-il pas, et il passe à l'étude de la puissance calorifique pratique de l'huile comparativement au charbon. Cet examen le conduit immédiatement à celui de la combustion efficace du pétrole, et c'est l'objet principal du mémoire.

Les divers appareils qu'on peut employer pour opérer cette combustion rentrent dans trois catégories :

1° Ceux dans lesquels le liquide combustible est injecté dans le foyer à l'état pulvérisé par des moyens purement mécaniques ;

2° Ceux dans lesquels la pulvérisation s'opère par un intermédiaire sous forme gazeuse;

3° Ceux dans lesquels le combustible est envoyé dans le foyer à l'état de vapeur.

Dans le premier type, l'huile arrive sous pression dans un brûleur, d'où elle sort de manière que le jet soit divisé en particules assez petites pour pouvoir brûler facilement. Ce système exige la présence, dans le foyer, de garnitures réfractaires qui permettent à la température du foyer d'atteindre un degré assez élevé avant que la chaleur développée soit absorbée par les surfaces de chauffe, autrement une grande proportion de l'huile échapperait à la combustion. La quantité d'air nécessaire pour la combustion complète du pétrole est très supérieure à la quantité théorique, et il faut donner une capacité considérable à la chambre de combustion. Les avantages de ce système sont la simplicité et l'absence de bruit.

Dans le second système, l'huile arrive dans le foyer sous forme de poussière portée par un courant de vapeur ou d'air. Presque toujours, les parois du foyer sont recouvertes ou composées de matériaux réfractaires, et une voûte en briques est disposée pour favoriser la combustion complète.

La plus ancienne forme d'appareil de ce genre était formée de deux tuyaux superposés avec leurs extrémités aplaties, l'un pour le pétrole, l'autre pour la vapeur. Le premier était au-dessus de l'autre et l'huile, sortant par gouttes, était saisie par le courant de vapeur et réduite en particules assez fines pour pouvoir brûler facilement. Cette forme très simple a été modifiée de diverses manières, et des appareils très efficaces consistent en tubes de ce genre, disposés concentriquement l'un à l'autre; ils sont toujours pourvus de moyens de réglage de l'écoulement, de sorte qu'on peut faire varier la proportion des deux éléments à volonté. C'est le type le plus employé et qui parait donner les meilleurs résultats. On peut avoir ainsi une vaporisation de 13 à 14 *kg* de vapeur à 100° avec de l'eau à 100° par kilogramme de pétrole, mais la quantité d'air, quoique plus faible que celle que nécessitent les brûleurs de la première catégorie, est encore très supérieure à la quantité théorique. On verra plus loin quelle est la différence entre l'emploi de l'air et celui de la vapeur comme agents de division de l'huile.

Le troisième système, dans lequel l'huile est introduite dans les foyers à l'état de vapeur, parait devoir donner les résultats les plus favorables.

On a expérimenté comparativement les trois systèmes avec de l'huile provenant de Bornéo, d'un pouvoir calorifique de 9 415 calories par kilogramme, et on a pu constater que cette huile peut être vaporisée avec une quantité de calorique assez faible et que ses vapeurs ont un grand pouvoir calorifique. A bord des navires, la pulvérisation par la vapeur donne lieu à des objections de diverse nature, et la consommation assez considérable de vapeur entraîne l'emploi de séparateurs supplémentaires pour fournir de l'eau douce aux chaudières.

L'emploi de l'air ne présente pas cet inconvénient, mais on peut se demander si la dépense de vapeur, pour la compression de l'air, n'est pas aussi grande que celle de la vapeur employée pour la pulvérisation de

l'huile. La combustion complète du pétrole pulvérisé dépend, en premier lieu, d'une proportion convenable entre les volumes du pétrole et de l'agent de pulvérisation, et ensuite de la vitesse de cet agent; or, ces deux conditions placent l'air dans une situation désavantageuse par rapport à la vapeur.

Voici les conclusions auxquelles arrive finalement M. Orde :

1° Le combustible liquide de bonne qualité, tel, par exemple, que le pétrole de Bornéo, employé dans des conditions favorables, amènera une réduction de consommation d'environ 4 0/0 par rapport au charbon;

2° A poids égal de combustible, on gagne environ 15 0/0 dans l'emplacement nécessaire à bord, et 50 0/0 pour la même distance à parcourir;

3° On pourra réduire de moitié le personnel de chauffe.

On admet généralement aujourd'hui qu'on réalise d'autres avantages importants par la propreté, l'absence de fumée, la température moins élevée des chaufferies, la plus grande durée des chaudières due aux moindres variations de température, etc.

Avec de l'huile ayant un point d'inflammation assez bas, il n'y a aucun risque d'explosion, et le seul danger est celui provenant de négligence. On peut avoir des ennuis si les brûleurs viennent à s'encrasser et si l'huile contient de l'eau, mais on peut éviter ces difficultés et, si elles viennent à se produire, on peut y remédier facilement.

Le jaugeage des tonneaux. — Nous trouvons dans les *Annales des travaux publics de Belgique* une note sur une question intéressante et relativement peu connue.

On sait que le jaugeage des tonneaux présente certaines difficultés. Les formules en usage sont plus ou moins approximatives et les calculs assez longs; aussi emploie-t-on souvent des jauges, ou règles métalliques, qui ne s'appliquent toutefois que pour une même catégorie de tonneaux, et il faut établir des classifications de types de tonneaux, ce qui crée encore des difficultés. Somme toute, la détermination de la capacité d'un tonneau est lente, difficile, et donne toujours lieu à des erreurs, que l'on fasse le cubage par le calcul ou qu'on emploie la jauge. Il est donc permis de dire que le seul moyen vraiment convenable est d'opérer directement par empotement ou par dépotement et ce, pratiquement, au moyen d'un appareil spécial dit *broc-jauge*.

C'est un cylindre gradué en litres permettant de lire le volume de liquide introduit ou bien, en supposant le broc rempli préalablement, de lire le volume de liquide extrait. La seule précaution à prendre est de vérifier si aucun corps étranger ne se trouve dans le tonneau et si celui-ci est bien étanche. Il est utile de faire observer ici que, dans un entrepôt public, on ne peut opérer que par dépotement, parce qu'autrement il faudrait nettoyer à fond le broc après chaque jaugeage lorsqu'il s'agit de liquides différents.

L'administration communale d'Anvers vient d'installer, à l'entrepôt royal de cette ville, un broc-jauge qui peut être considéré comme « appareil-type », en ce sens qu'il donne des résultats pour ainsi dire mathématiquement exacts et, en tout cas, aussi rigoureux qu'il est possible de les obtenir en pratique.

Le broc est formé d'un cylindre en tôle de qualité supérieure, de 6 *mm* d'épaisseur, fixé sur un solide échafaudage en bois et maintenu par un étrier contre un mur. Le pied de l'échafaudage est encastré dans un massif de maçonnerie de briques. Ce mode de fixation est nécessaire pour éviter les vibrations et trépidations pouvant donner lieu à des jaugeages inexacts.

Le broc a 0,62 *m* de diamètre extérieur et 3,05 *m* de hauteur. On peut avec cette capacité jauger des foudres d'une contenance de 900 *l*. Dans la paroi métallique se trouve installée l'échelle métrique, à lunettes étagées ayant 0,30 *m* de largeur et fermées par des glaces. Ces glaces sont fragiles et l'emploi du mica serait peut-être préférable.

Le déversoir ou trop-plein est formé par un tuyau de 45 *mm* de diamètre s'évasant, au centre, en forme d'entonnoir. La prise d'eau ou tuyau d'entrée a 50 *mm* de diamètre et est fixée à la partie supérieure du broc par une tubulure de 0,15 *m* de longueur avec collet pourvu de trous pour boulons. Ce tuyau descend à l'intérieur du broc jusqu'à 0,10 *m* du fond, de manière à éviter le remous de l'eau lors du remplissage.

A la base du broc, se trouve le robinet-jauge, muni d'un tuyau en chanvre caoutchouté de 3 pouces de diamètre et de 1 *m* de longueur dont l'extrémité est pourvue d'un ajutage avec robinet. Les robinets, raccords et lunettes sont en bronze, les tuyaux fixes en cuivre rouge et l'échelle métrique en laiton.

La graduation a été faite au moyen d'une mesure légale et contrôlée de 15 *l* appartenant à l'Administration des douanes. Chaque fois qu'on avait versé 15 *l* dans le broc, on marquait un trait sur l'échelle. Ces divisions directes correspondant à 15 *l* ont été ensuite subdivisées en parties de 5 *l*, puis de 1 *l*. Cette échelle graduée ainsi a été vérifiée minutieusement par empotement de 1 à 900 *l* et par dépotement de 900 à 1 *l*. Le volume de 900 *l* correspondant au trait supérieur de l'échelle est délimité exactement par le trop-plein ajusté sur place et installé au centre de l'appareil.

Pour donner une idée du soin avec lequel il a été procédé à la graduation de l'échelle, il suffira de mentionner que l'on a tenu compte de la température (en moyenne 12° C.) de l'eau qui a servi à l'empotement du broc-jauge.

L'exploitation du broc-jauge se fait conformément à un règlement-tarif dont les principales dispositions peuvent se résumer comme suit : le jaugeage se fait par empotement, suivant l'ordre des demandes et, après chaque opération, il est remis au requérant une déclaration d'un registre à souche contenant un numéro d'ordre, la quantité d'eau empotée, le nom du requérant et la date de l'opération. La rétribution due à la ville pour les différentes opérations dont il vient d'être fait mention est fixée, d'après le tarif ci-après, plus un centime pour frais d'expédition de la déclaration délivrée au propriétaire des tonneaux.

Empotement de	1 à 5 *hl*.	0,20 *f*	par hectol.
—	5 à 10	0,15	—
—	10 à 100	0,10	—
—	au delà de 100	0,08	—

Le droit est perçu par fraction d'hectolitre comme sur l'hectolitre entier.

Les opérations d'empotement proprement dit se font par les agents de la ville ; la mise en place et l'enlèvement des tonneaux sont à la charge des propriétaires.

A la demande des requérants, la contenance des tonneaux est imprimée sur la paroi au moyen de caractères métalliques (chiffres) chauffés au rouge.

Il arrive parfois que l'on doive jauger partiellement un tonneau, c'est-à-dire déterminer le volume du liquide remplissant partiellement le tonneau. Il n'y a pas à cet égard de règle fixe pouvant s'appliquer à toute espèce de tonneaux ; voici, toutefois, un mode de procéder qui semble donner des résultats satisfaisants. Supposons un tonneau contenant du liquide sur une hauteur *h* ; on mesure le diamètre du bouge D, en ayant soin de prendre *h* au droit de la bonde. On calcule le rapport $\frac{h}{D}$ et on multiplie la capacité ou volume total V connu, par un coefficient α approprié et donné dans le tableau ci-dessous :

RAPPORT $\frac{h}{D}$	COEFFICIENT α	RAPPORT $\frac{h}{D}$	COEFFICIENT α
1,0	1,000	0,5	0,500
0,9	0,950	0,4	0,370
0,8	0,800	0,3	0,250
0,7	0,750	0,2	0,110
0,6	0,650	0,1	0,05

On aura ainsi $V' = \alpha V$, le volume V étant calculé, ou mieux déterminé, par empotement au moyen du broc-jauge.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1901.

Notice nécrologique sur M. **Natalis Rondot,** par M. Ch. LAVOLLÉE.

Rapport de M. A. LIVACHE sur **l'appareil Dormoy pour l'émaillage mécanique sans dégagement de poussières.**

On sait que l'émaillage de la fonte, lorsqu'il s'exécute par le saupoudrage d'émaux à base de plomb sur le métal chauffé au rouge, présente pour les ouvriers le danger de l'intoxication saturnine. Aussi ce procédé est-il à peu près abandonné. Mais le système qui consiste à revêtir, à froid et au pinceau, les pièces avec de l'émail additionné d'essence de térébenthine et à les cuire après, s'il ne présente aucun danger, ne donne pas satisfaction au point de vue industriel.

M. Dormoy emploie un appareil clos formé d'une cage vitrée dans laquelle on place l'objet à émailler et un tamis convenablement disposé projette l'émail en poudre. La partie non utilisée tombe au fond de la cage qui est disposée en trémie et elle est remontée dans le tamis supérieur par une aspiration d'air. Cette aspiration est assez forte pour que, si on ouvre la porte de la cage, il ne sorte pas de poussière de celle-ci.

Le plateau sur lequel est disposé l'objet à émailler peut prendre diverses inclinaisons pour que toute la surface nécessaire puisse être revêtue d'émail et des dispositions très ingénieuses sont prévues pour que, malgré ces inclinaisons, l'objet ne puisse pas tomber.

Cet appareil qui dessert deux fours suffit pour l'émaillage de 60 à 70 appareils de chauffage par journée de huit heures. Il est très robuste et d'entretien facile.

Rapport de M. BARBET sur une modification apportée à la construction des **compresseurs d'air à action directe**, imaginée par M. Samain.

Si on attelle directement un cylindre à vapeur sur un compresseur d'air, l'effort moteur va en décroissant, tandis que l'effort résistant va en croissant.

M. Samain, pour vaincre cette difficulté sans recourir à l'emploi d'un volant, emploie un troisième cylindre servant de compensateur et communiquant avec le réservoir d'air comprimé. Le piston de ce cylindre est attelé par l'intermédiaire d'une bielle et d'une équerre à la tige commune du cylindre à vapeur et du compresseur de façon à augmenter la résistance pendant la première moitié de la course, et la puissance pendant la seconde moitié.

L'agriculture de l'avenir, par M. A. Ronna.

Cette note étudie l'application de l'hydraulique à l'agriculture, application qui comprend non seulement l'emploi de l'eau comme force motrice qui, en se vulgarisant, constituerait à lui seul un acquis des plus précieux en vue de l'abaissement des prix de revient de la culture, mais encore son usage comme fertilisant pour effectuer périodiquement les submersions ou limonages qui restituent au sol avec usure les substances organiques et minérales dont le privent les récoltes et, enfin, l'introduction rendue possible dans l'assolement normal, de cultures annuelles dérobées qui rapportent au sol, par l'enfouissement de la matière végétale, l'azote convertissable en nitrates entièrement perdus pour la végétation.

Le système de culture résultant de l'emploi combiné de ces ressources naturelles a été appliqué avec un succès qui ne se dément pas depuis nombre d'années par M. le sénateur Devincenzi sur sa propriété du Vomano, située dans l'Abruzze du nord, le long de la côte de l'Adriatique.

L'auteur passe successivement en revue les diverses parties de cette application de l'hydraulique à l'agriculture, savoir : le labourage hydraulique, la pratique des limonages et de la récolte des cultures intercalaires qui ont improvisé la fertilité des terres du Vomano, le tout se traduisant par une production économique du grain sans intervention d'engrais apportés du dehors.

La céramique en Allemagne, par M. A. Granger.

L'Allemagne a toujours tenu en Europe un des premiers rangs au point de vue de la céramique. Une des raisons en est dans la constitution géologique du pays qui fournit en quantité les matériaux argileux nécessaires à la fabrication de bons produits. En outre, la houille y est très abondante.

La note examine successivement : l'organisation des usines, les diverses fabrications, les conditions économiques, la situation commerciale et l'enseignement technique. Au dernier point de vue, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, dans presque toutes les écoles techniques supérieures, il y a un cours de céramique avec quelquefois un professeur spécial et qu'il y a trois écoles spéciales en Allemagne absolument consacrées à l'étude de la céramique. Ces écoles sont pourvues d'un matériel très complet qui permet aux élèves de fabriquer et de cuire les diverses espèces de poteries.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Codron.

On peut séparer les procédés de travail des métaux en deux classes, les procédés dits de *forgeage* qui modifient les formes sans enlever de matière et les procédés d'*ajustage* qui donnent les dimensions définitives par enlèvement de matière.

Ces derniers se divisent eux-mêmes en trois catégories, suivant qu'ils enlèvent la matière par usure comme les meules, par gros morceaux comme les cisailles et poinçons, ou enfin par copeaux comme les forets, burins, fraises, etc.

L'auteur étudie la manière dont se fait l'enlèvement du métal dans ces divers procédés et la dépense par kilogramme de métal enlevé. La partie dont nous nous occupons aujourd'hui ne comprend que le travail par meules. L'auteur y décrit une combinaison de dynamomètre qu'il a imaginée pour apprécier le travail absorbé par le meulage.

Système international de filetage à base métrique.

Il s'agit d'une circulaire de la Commission internationale d'unification des filetages au sujet des règles adoptées à la réunion de Zurich, en octobre 1898.

Note de mécanique.

On y trouve la description de l'installation hydraulique de Snoqualmie Falls, de la drague à succion de Bates, de la grue à lingots de Wellmann et Seaver, des machines d'épuisement à colonne d'eau de Kaselowsky, construites par la Berliner Maschinenbau Action Gesellschaft, et de la machine à couler de Ramsey, employée dans les grandes forges américaines.

ANNALES DES MINES

10e livraison de 1900.

Constitution chimique des fontes et des aciers, par M. Ad. Carnot, Membre de l'Institut, et M. Ed. Goutal, Chimiste au bureau d'essai de l'École des Mines.

Ce travail comprend deux parties :

Dans la première, les auteurs cherchent à définir l'état sous lequel se trouvent, dans un certain nombre de produits usuels, les éléments communs : silicium, soufre, phosphore, arsenic, manganèse. Ils font voir comment les résultats obtenus par l'analyse permettent d'établir en détail la composition chimique d'une fonte.

La seconde partie s'occupe des éléments plus rares que l'on s'attache, depuis quelques années, à introduire dans les aciers pour les améliorer et dont quelques-uns ont fourni, en effet, des alliages présentant des qualités industrielles très remarquables ; ainsi le chrome, le tungstène, le molybdène, le titane, le cuivre et le nickel.

Note sur **les accidents survenus dans l'emploi des récipients de vapeur**, par M. Maurice Bellom, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Les récipients de vapeur ne sont soumis à la surveillance administrative que depuis le décret du 30 avril 1880 modifiant la réglementation relative aux appareils à vapeur.

De 1880 à 1898 inclusivement il y a eu 142 accidents arrivés à des récipients de vapeur, lesquels ont occasionné la mort de 79 personnes et ont causé des blessures à 79 autres.

Si on rapporte à 10 000 récipients le nombre annuel des victimes, on trouve que de 1880 à 1889, il y a eu 1,6 tué et 1,1 blessé, total 2,7, tandis que de 1890 à 1898, il y a eu 1,6 tué et 2,2 blessés, total 3,8, toujours par 10 000 récipients. La situation semble donc s'aggraver avec le temps.

La plus grande partie des accidents, 43 sur 142 est due à des défectuosités de construction, 28 à un accès de pression et 38 aussi au mauvais entretien et à la vétusté des appareils ; les autres causes : négligence, fausses manœuvres ou causes inconnues ou fortuites n'entrent ensemble que pour le chiffre assez faible en proportion de 33.

La note examine en détail le cas des grandes lessiveuses de papeterie qui ont donné lieu à 9 accidents avec 11 victimes, et des cylindres sécheurs qui ont éprouvé 16 accidents avec 16 victimes. On voit que les suites de ces accidents ont eu une gravité toute particulière.

Les conclusions du rapport, que leur simplicité même semblerait rendre superflues sont que, pour les récipients, autant et plus peut-être que pour les autres appareils à vapeur, la construction et l'entretien ne doivent rien laisser à désirer et qu'ils ne doivent jamais être soumis à des excès de pression.

11e livraison de 1900.

Fonçage par congélation du puits n° 1 de la mine de fer d'Auboué, de la Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson, par M. C. Cavallier, Administrateur-Directeur de la Société des hauts fourneaux de Pont-à-Mousson, et F. Daubiné, Ingénieur de cette Société.

La Société des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson a été amenée à mettre en exploitation sa concession d'Auboné parce que ses autres concesions ne contenaient plus de minerai que pour quelques années et qu'il ne fallait pas compter sur d'autres ressources d'alimen tation dans des conditions acceptables. Cette mise en exploitation comprenait principalement le fonçage d'un puits de 125 *m* et de 5 *m* de diamètre dans œuvre.

Comme on était certain de rencontrer des venues d'eau dans le fonçage et qu'on était obligé d'aller vite et à coup sûr, on se décida à adopter le procédé de la congélation qui représentait une sorte de prime d'assurance contre les aléas de temps et d'argent dus à l'eau. Cette prime correspondait à environ 6 0/0 de la dépense.

Le fonçage a été commencé le 6 juillet 1899 et le puits terminé le 5 juillet 1900, soit une durée d'un an pour les travaux et ce sans aucun accident.

L'emploi de la congélation pour une mine de fer, à une profondeur aussi grande, constitue une innovation de nature à intéresser les Ingénieurs et Industriels qui auraient à foncer des puits dans des terrains aquifères.

La note entre dans des détails très circonstanciés sur l'installation des appareils frigorifiques et l'exécution des travaux.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1900.

Note sur un nouveau **dynamomètre à frein électrique,** présentée par M. G.-H. RIETER-BODMER, Ingénieur à Constance.

Après avoir fait ressortir les inconvénients des divers systèmes de dynamomètres employés ou proposés jusqu'ici, l'auteur expose le principe du dynamomètre à frein électrique qui se compose d'un champ magnétique à deux ou plusieurs pôles, disposés de manière à pouvoir tourner de quelques degrés autour de son axe et qui est excité par une source électrique provenant d'une dynamo ou d'une batterie d'accumulateurs. Un anneau de fer doux est disposé de manière à pouvoir tourner autour du champ magnétique, au moyen d'une poulie fixée sur son axe. Sur ce même axe est la poulie qui, au moyen d'une courroie, reçoit la puissance du moteur dont on veut mesurer la puissance. L'anneau de fer tournant dans le champ magnétique forme le frein capable d'absorber le travail sans l'intervention, ce qui est un énorme avantage, d'aucune espèce de frottement. L'énergie électrique produite est transformée en chaleur, aussi l'anneau tournant est-il muni d'une grande quantité d'ailettes en fer forgé qui abandonnent à l'air ambiant la chaleur produite.

Le champ magnétique est muni d'un levier avec un poids qu'on peut faire glisser jusqu'à ce que l'équilibre soit établi entre les deux parties mobiles. Ce levier agit comme celui du frein de Prony. Avec ce dynamomètre il n'y a besoin ni de graissage ni de réfrigération par l'eau.

Des essais faits en mai 1899 par le professeur Weber, de l'École polytechnique fédérale de Zurich, ont montré qu'on pouvait avoir une précision de 10 0/00 pour un travail de 5 à 10 *ch.* de 3 à 6 0/00 pour 10 à 20 *ch* et de 2 à 3 0/00 pour 20 à 35 *ch.* Cet appareil peut être construit comme totalisateur, ce qui rend son emploi susceptible de plus de généralité encore.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 4. — *26 janvier 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Les moteurs à explosion, par Fr. Freytag *(suite).*

Roulements à billes pour charges de toute valeur, par Stribeck *(fin).*

Les installations électriques d'Abbazia.

Exposition universelle de 1900. — La navigation et l'éclairage des côtes, par A. Rudolph *(suite).*

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Procédé de placage des métaux de Wachwitz.

Association des Chemins de fer. — Traction électrique sur le Wannseebahn et résultats obtenus jusqu'ici.

Revue. — Salles de dessins de la Brown and Sharp Manufacturing Cy et de la Wellmann Seaver Engineering Cy. — Installation pour la reproduction des dessins par la lumière de la Brown Hoisting and Conveying Machine Cy.

N° 5. — *2 février 1901.*

Machines élévatoires pour l'alimentation du canal de la Marne au Rhin, par I. Hermannz.

Expériences sur une turbine à vapeur de Laval de 300 chevaux, par W. Jacobson.

Machines agricoles à la 14e exposition de la Société allemande d'Agriculture, à Posen, par H. Grundke.

Exposition universelle de 1900. — Machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Aperçu sur le calcul des efforts dans les pièces courbes, par A. Bautlin.

Expériences sur la résistance à la compression de la fonte et sur la variation de résistance à la traction de la même matière suivant la température, par C. Bach.

Groupe de Hambourg. — Circulation automatique de la vapeur.

Groupe de Carlsruhe. — Inspection des établissements de bains dans les villes. — Installations d'électricité de Pforzheim. — Aciéries de Mannheim près Rheinau. — Attelage de wagons de Janney.

Revue. — Niveau d'eau avec indicateur à distance. — Lord Armstrong. — Z. Gramme. — Bilan de l'Exposition universelle de 1900.

N° 6. — *9 février 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Les machines à vapeur, par M. F. Gutermuth.

Influence de l'espace neutre et de la compression sur la dépense de vapeur d'un moteur, par H. Dubbel.

Exposition universelle 1900. — Les machines pour la teinture, les apprêts et l'impression, par G. Rohn.

Aperçu sur le calcul des efforts dans les pièces courbes, par A. Bautlin *(fin).*

Groupe de Siegen. — Éclairage électrique et transport de force des ateliers du chemin de fer et de la gare de Siegen.

Revue. — Développement de l'éclairage électrique des voitures de chemin de fer. — Résistance des assemblages par soudure des câbles et fils métalliques. — Nomination des ingénieurs von Hefner-Altenek et Müller-Breslau comme membres de l'Académie des sciences de Berlin.

N° 7. — *16 février 1901.*

Machines soufflantes horizontales pour hauts fourneaux, avec clapets annulaires, par H. Hoerbinger.

Exposition universelle de 1900. — Machines pour la fabrication du papier, par A. Pfarr.

Segments à tension propre pour pistons, par K. Reinhardt.

Groupe de Hambourg. — Scies et machines pour le travail du bois.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Installations de bains froids à Neustadt.

Bibliographie. — Leçons de mécanique industrielle, par A. Foppl.

Revue. — Concours international pour la construction d'un pont à Sydney. — Activité de la station technique d'essais à Berlin. — Construction d'un égout sous une pile de pont. — Hauts fourneaux en France.

N° 8. — *23 février 1901.*

Cale de halage du chantier royal de Friedrichshafen (lac de Constance), par A. Seemann.

Exposition universelle de 1900. — Les locomotives, par E. Brückmann *(suite).*

Résistance des volants, par R. Bredt.

Groupe de Berg. — Les nouvelles définitions de la loi sur les assurances contre les accidents et son influence sur l'industrie.

Revue. — Élisha Gray. — Max de Pettenkofer. — Coup d'œil sur les écoles techniques supérieures de l'empire allemand dans l'exercice 1900-01.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Address on Heavy Motor Traffic in France
par M. G. Forestier, inspecteur général des Ponts et Chaussées (1).

M. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, qui incarne l'automobilisme, a fait le 3 décembre 1900 un discours conférence pour l'inauguration de la session du club automobiliste de Liverpool.

Ce discours, imprimé en anglais, dans une brochure de 27 pages, est un exposé clair et concis de la question des automobiles.

Après un historique rapide, qui met en relief la prépondérance des inventeurs français dans ce domaine, M. Forestier rend compte du concours des Poids Lourds des années 1897, 1898, 1899 et 1900, et analyse les organes des voitures présentées. Les huiles lourdes ont vaporisé plus du double que le charbon, coke, ou pétrole ordinaire. Mais M. Forestier explique que leur emploi est impossible en France à cause du fisc.

Dans son analyse des prix de revient, M. Forestier estime que les frais d'exploitation et de réparation d'une automobile à voyageurs et marchandises, sont de 25 0/0 de son prix d'achat, par an. Un tableau très intéressant donne les prix de revient des dépenses journalières (proportionnelles), rapportées soit au voyageur-kilométrique, soit à la tonne-kilométrique, pour les différents types de voitures.

Il analyse la concurrence possible aux chemins de fer, surtout pour les courtes distances, où l'on prend la marchandise chez le client, pour la livrer chez le destinataire. Un intéressant graphique met ceci en évidence. Les barèmes des chemins de fer y sont figurés, et l'intersection des lignes montre que l'automobile est moins chère, jusqu'à une distance de 18 *km*. pour les marchandises de petite vitesse, admise au barème 6 des tarifs spéciaux, à cause de la constante des frais de camionnage et frais de gare. La concurrence atteint 31 *km*, pour les marchandises du barème 1 des tarifs spéciaux (10 centimes par tonne-kilomètre), mais pour la première série du tarif général (16 centimes la tonne-kilomètre), la concurrence s'étend beaucoup plus loin, et le graphique montre qu'elle sort des limites de l'épure.

Il analyse l'usure des chaussées, et en évalue les frais d'entretien (d'après des expériences), aux 2/5 des dépenses d'une automobile, par kilomètre.

Cette brochure, pour être courte, n'en est que plus intéressante, par sa forme concise, et le grand nombre de faits positifs qu'elle met en relief, sans égarer le lecteur dans les détails accessoires d'une industrie déjà très spécialisée.

Marcel Delmas.

(1) 1 broch. in-8°, 27 pages. The « Journal of Commerce » Printing Works, 9, Victoria Street, à Liverpool, 1900.

Essai d'une Étude didactique des conditions d'établissement d'une voiture à traction mécanique sur route,
par M. G. Forestier, inspecteur général des Ponts et Chaussées (1).

Cet ouvrage, publié en 1900, par les soins du *Génie Civil*, expose en 214 pages tous les détails et conditions diverses auxquelles il faut satisfaire, pour chaque organe d'automobile.

Il étudie les résistances à vaincre, les fusées, les roues, la suspension, la direction, le freinage, les transmissions, les chassis et caisses, les moteurs, soit à vapeur, soit à mélange tonnant, soit électriques.

Il passe en revue les résultats obtenus, records de vitesse, de distances, de vitesse moyenne, et donne de très intéressants tableaux synoptiques de tous les concours, courses, coupes, etc... Il fait observer que, si la vitesse moyenne a passé de 21 *km* à l'heure (Paris-Rouen, 1894) à 48 *km*, (Paris-Bordeaux, 1899), par contre, la force motrice est passée de 4 à 12 *ch.*, et dépasse maintenant 16 *ch.*

Le dernier chapitre renferme, en six pages, des recommandations pratiques, applicables à toute personne qui veut se livrer à l'automobilisme, pour le choix d'un type de voiture, soit à voyageurs, soit à marchandises, et nous y relevons notamment cette franche conclusion, en ce qui concerne les marchandises *lourdes*, n'ayant pas besoin de *vitesse*, que c'est encore au camionnage par chevaux, n'exigeant pas plus de 5 à 6 boulonnais par charroi, que revient l'avantage, pour les charrois à courtes distance, et, au delà, le rail,

Nous recommandons particulièrement la lecture des tableaux de cet ouvrage, qui montrent un horizon tout nouveau pour les transports sur routes, ou les vitesses *moyennes* de 40 à 45 *km* à l'heure deviennent la règle, petit fait destiné sans doute à amener une grande révolution dans les mœurs, et dans la géographie, par le raccourcissement des distances.

Marcel Delmas.

Théorie et tracé des Freins hydrauliques,
par M. E. Vallier (2).

En une brochure de 93 pages, l'auteur reproduit une série d'articles qu'il a fait paraître dans la Revue de Mécanique.

L'auteur doit être un artilleur distingué, car, si son ouvrage ne vise que les freins des bouches à feu, il n'en abonde pas moins en considérations très savantes sur le calcul des freins, formules, équations, qui ne peuvent manquer d'intéresser les trop rares spécialistes du Génie Civil, qui ont l'occasion de s'occuper de cette industrie d'Etat, la fabrication des armes de guerre.

Nous relevons avec plaisir la description du frein Canet, pour canons à tir rapide de moyen calibre, du frein Schneider-Canet, pour moyens calibres, du frein à double récupérateur Canet, du frein Schneider-Canet pour canons de gros calibre, noms bien connus de tout Ingénieur civil,

(1) 1 vol. in-8°, 216 pages, 143 figures. — Ch. Béranger. Paris, 1900.

(2) Extrait de la Revue de Mécanique, années 1899-1900, grand in-4°, 95 pages, 61 figures. — Prix 4 francs. — Vve Ch. Dunod, Paris 1900.

et qui font honneur à notre Société. Ils occupent une place considérable dans l'ouvrage de M. Vallier, à côté des freins Vavasseur, Gruson, Elswick, Vickers, Meiggs et Stout, Mellstrom et Bromberg, Banister, et Krupp.

L'auteur termine, par une théorie des freins hydropneumatiques, soit à résistance totale constante, soit à résistance hydraulique constante, soit à orifice constant avec soupape chargée, théorie qui fait preuve de la plus haute érudition dans le domaine théorique de l'art de l'Ingénieur.

Marcel Delmas.

Traité des turbo-machines, par M. A. Rateau (1).

Ce premier fascicule de 260 pages, est la réunion d'une série d'articles de la *Revue de Mécanique.*

L'auteur se propose de compléter cette étude, par celle des ventilateurs, pompes, hélices et turbines à vapeur.

Pour le moment, ce premier fascicule ne traite que des turbines hydrauliques.

L'auteur attire particulièrement l'attention sur : Théorie des turbines, épures, importance du choc à l'entrée de la roue mobile, cloisonnement des amortisseurs, moulins à vent et turbines sans distributeurs, turbines de grande puissance, réglage des turbines, coups de bélier dans les conduites et leur influence sur le réglage, importance des phénomènes de résonance dans le fonctionnement des réservoirs d'air.

Cet ouvrage surtout théorique intéressera spécialement ceux qui se destinent à la construction des turbines, dont il donne les formules, épures. méthodes de calcul. Il s'étend, entre autres, sur la théorie des roues Pelton, turbines genre Girard, appareil Meunier, turbine de Montbovon, du Niagara, turbine Hercule, de Cusset, de Paderno, turbine American, théorie des vannages, différents types d'aubages, turbines multiples, de Chèvres, turbine multiple Escher-Wyss, Schaad, celle de Rheinfelden, Prasil.

Il traite la délicate question des régulateurs, et montre notamment les tachymètres de Vevey, de Sautter-Harlé, les servo-moteurs des ateliers de Vevey, d'Escher-Wyss, de Piccard.

Le lecteur y trouvera un travail théorique considérable, avec quelques applications pratiques.

Marcel Delmas.

IIIe SECTION

Géologie pratique,

par M. L. de Launay, Professeur à l'École supérieure des Mines (2).

Dans une bibliographie récente (3), nous avons eu déjà l'occasion de

(1) Extrait de la *Revue de Mécanique*, années 1897 à 1900, grand in-4°, 262 p., 195 fig., prix 10 *f*. — Veuve Ch. Dunod, 1900.

(2) In-16, 185×120 de VIII-344 pages, Paris, Armand Colin, 1901.

(3) *Bulletin* de décembre 1900.

parler des préoccupations qui s'étaient manifestées au Congrès Géologique International, tenu pendant l'Exposition, au sujet de l'enseignement de la Géologie.

C'est M. de Launay qui avait porté cette question à l'ordre du jour du Congrès; il avait, dans un exposé particulièrement apprécié des nombreux Ingénieurs qui formaient une partie de son auditoire, tracé le programme d'un ouvrage didactique élémentaire et montré comment répandre le goût d'une science qui est des plus importantes par l'ampleur même de son sujet, des plus utiles par ses applications pratiques, et qui devrait être des plus répandues, puisque, d'une part, les matériaux nécessaires à son étude se trouvent partout et que, d'autre part, l'étude même de ces matériaux fait connaître les richesses naturelles qui sont à notre portée.

Les nombreux ouvrages que le savant Professeur de l'École des Mines a déjà publiés et où sont exposées, avec les données scientifiques les plus complètes et les plus précises, les théories les plus variées, sont d'une lecture facile, grâce à la netteté de l'exposition et à la clarté du style; ils laissaient espérer que M. de Launay remplirait lui-même le programme qu'il indiquait. C'est ce qu'il a fait dans le petit volume intitulé *Géologie pratique*.

Nous ne saurions mieux faire que d'emprunter quelques lignes à la Préface :

« A côté des savants spéciaux et des candidats à quelque bouton de cristal, si nombreux en France, il existe un nombre de plus en plus grand de personnes auxquelles des connaissances géologiques sommaires rendraient les plus réels services si on avait su les mettre à leur portée, et c'est à elles que je voudrais m'adresser. »

Il est certain que l'auteur a complètement atteint son but et que *la Géologie pratique* rendra les plus grands services aux agriculteurs, aux explorateurs et aux géographes en leur fournissant des notions scientifiques qui leur soit, en général, étrangères; et si la plupart des Ingénieurs ont plus ou moins de connaissances géologiques, acquises soit sur les bancs d'une école technique, soit sur les chantiers et les travaux, ils n'en trouveront pas moins dans ce livre bien des aperçus qui leur seront fort utiles.

Tels sont, notamment : la méthode de la Géologie; — l'étude des formations superficielles, que la plupart des traités de géologie dédaignent systématiquement, ce qui a pour effet, non seulement de dérouter les débutants quand ils sont sur le terrain, mais de laisser de côté un des points les plus intéressants au point de vue des prospections, c'est-à-dire l'aspect des affleurements des gîtes minéraux; — l'établissement d'un tracé de voie ou de canal, la position à donner aux sondages; — la recherche des matériaux de construction; — les applications de la Géologie à l'agriculture, dont il faut, en général, aller chercher les notions dans des ouvrages tout à fait spéciaux; — les applications à la recherche et au captage des eaux potables et thermominérales, à l'irrigation, au drainage, à l'évacuation des eaux souillées, à la recherche des substances dont l'exploitation constitue l'industrie minérale; — enfin, l'étude

topographique, géographique ou simplement pittoresque des terrains, étude qui, après avoir été faite autrefois pour des régions limitées, a été reprise dans cette dernière période d'années à un point de vue tout à fait général et a constitué la Géographie physique.

Un dernier chapitre comporte un petit dictionnaire des termes géologiques et minéralogiques les plus usuels; c'est là une excellente solution, la concision et la précision du dictionnaire permettant de condenser un grand nombre de faits dans un très petit nombre de pages; c'est également dans ce chapitre que M. de Launay a donné la nomenclature des terrains, nomenclature que, sauf de très rares exceptions, il laisse de côté dans le reste de son ouvrage.

Ce qui précède peut faire comprendre de quelle façon nouvelle cet ouvrage est conçu, mais est bien insuffisant pour rendre compte de l'intérêt que présente sa lecture.

P. Jannettaz,
Professeur de Géologie à l'École spéciale d'Architecture.

IVe SECTION

La Sécurité du travail dans l'industrie, par Paul Razous, Inspecteur départemental du travail dans l'industrie (1).

Il n'est plus permis aujourd'hui, à un chef d'industrie, de rester indifférent à la prévention des accidents du travail. Non seulement l'humanité le pousse à l'emploi des mesures protectrices dont l'efficacité est indiscutablement reconnue, mais encore les obligations inscrites dans les lois et règlements d'administration publique, aussi bien que son intérêt pécuniaire, l'y engagent d'une façon évidente. L'application des dispositifs de sécurité a pour conséquence une épargne de blessures, une économie de vies humaines. Tous les industriels n'appartiennent malheureusement pas encore à ces grandes Associations d'initiative privée qui se sont donné pour mission de faire connaître à leurs membres les mesures de précaution qu'ils doivent appliquer dans leurs ateliers. Il en est qui les ignorent et se trouvent parfois fort embarrassés en présence d'un danger qu'ils ne savent comment conjurer. M. Paul Razous, que ses fonctions d'inspecteur départemental du travail à Lille, à Angers et à Reims, ont bien préparé à l'étude de ces questions, s'est proposé, dans l'ouvrage que nous signalons, de mettre sous les yeux des chefs d'industrie, les solutions les plus propres à sauvegarder la sécurité de leurs collaborateurs. Passant en revue les divers organes généraux que l'on rencontre dans les usines : moteurs, transmissions, appareils de levage, machines à meuler, ainsi que les machines-outils, les plus importantes et les plus répandues, il a fait un exposé clair et substantiel des dispositifs protecteurs qu'il convient de leur appliquer. Les mesures à prendre contre l'incendie et les explosions, celles qui concer-

(1) In-8°, 225 × 165, de 378 p., avec 222 fig., 12 fr. 50 br. Veuve Ch. Dunod, éditeur.

nent les appareils électriques, les travaux dans les milieux délétères ou asphyxiants, ont trouvé place dans cet intéressant ouvrage. Chargé de faire appliquer les lois et règlements relatifs à la sécurité du travail, l'auteur leur a donné une place dans son livre; il a même tenu à indiquer les améliorations qui lui paraissent de nature à mieux garantir cette sécurité. Les nombreuses figures qui illustrent cet ouvrage facilitent encore la compréhension d'un texte déjà très clair et très précis. Ce livre rendra de réels services à tous ceux qui s'intéressent au grave problème de la prévention des accidents du travail.

H. Mamy.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 3278-2-01. — (Encre Lorilleux).

Fig. 9 à 11. Pangalane d'Andavakamenarana

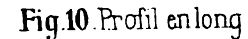
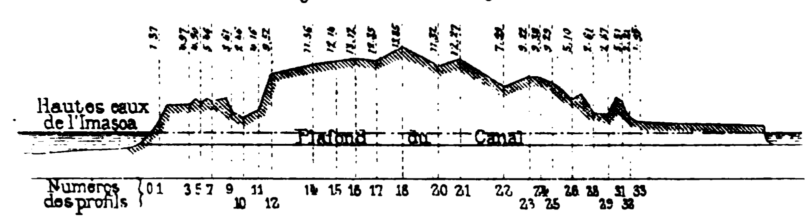
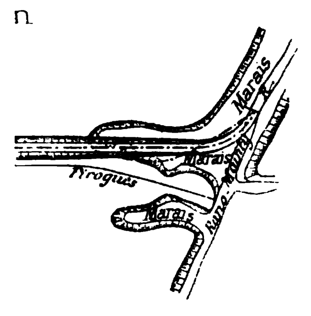


Fig. 10. Profil en long



n.



Longueur de la traversée	1300m
Cube des déblais à sec	298.743 m.c
Cube des dragages	33.773 m.c
Total	332.516 m.c

Echelle des fig 9 et 10 : 1/20.000

Pangalane d'Ampantomaïzina

Echelle 1/16.000

Fig. 7. Plan

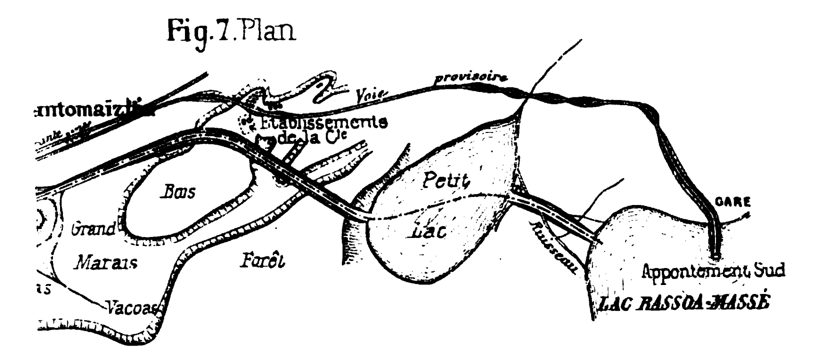
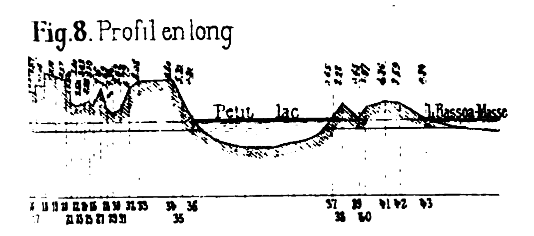


Fig. 8. Profil en long



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1901

N° 3.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mars 1901, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Arts militaires.

Colonel X... — *L'artillerie à l'Exposition*, par le Colonel X. (in-4°, 320 × 230 de 166 p. avec 205 fig.), Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40700

Table générale des matières de la Revue du Génie militaire disposée par ordre alphabétique. Tomes I à XX (Années 1887-1900) (in-8°, 220 × 140 de 119 p.), Paris, Berger-Levrault et Cie, 1901. 40716

Astronomie et Météorologie.

Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Officielle Publication. Jahrgang 1898 (in-4°, 305 × 235 de xxxi-145 p.). *Jahrgang 1899* (in-4°, 305 × 235 de a-120, c-32, d-24, 16 p.). Wien, Wilhem Braumüller, 1900. 40693 et 40694

Chemins de fer et Tramways.

Coda. — *La rifornitura accelerata delle locomotive dei treini* del Ing. Coda (in-8°, 245 × 170 de 7 p., avec 11 fig.) (Estratto dal Giornale « Il Monitore Tecnico » N. 12, 13, 19 Anno VI). Milano, Tipografia degli Operai, 1900 (Don de l'auteur). 40725

Notices sur les objets et documents présentés à l'Exposition universelle de 1900, par les Chemins de fer de l'État (4 brochures in-4°, 320 × 235). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de M. Huguet M. de la S.). 40711 à 40714

Union internationale permanente des Tramways. Congrès international des Tramways, Paris, 10, 11, 12 et 13 septembre 1900. Onzième assemblée générale de l'Union. Comptes rendus détaillés (in-4°, 325 × 210 de 226 p.). Bruxelles, Tr. Rein (Don de M. le Secrétaire général de l'Union). 40718

Union internationale permanente des Tramways. Douzième assemblée générale, Londres, 1902. Questionnaire (in-4°, 325 × 210 de 7 p.). Bruxelles, Tr. Rein (Don de M. le Secrétaire général de l'Union). 40719

Chimie.

Garçon (J.). — *Traité général des applications de la chimie*, par Jules Garçon. *Tome premier, Métalloïdes et Composés métalliques* (in-8°, 250 × 165 de xxxviii-747 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40705

Guichard (P.). — *Analyse chimique et purification des eaux potables*, par P. Guichard (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 140 × 120 de 200 p.). Paris, Gauthier-Villars (Don de l'éditeur). 40727

Leidié (E.). — *Encyclopédie chimique*, publiée sous la direction de M. Frémy. Tome III. Métaux. 17e cahier. Platine et Métaux qui l'accompagnent, 3e fascicule, *Palladium, Iridium, Rhodium*, par E. Leidié (in-8°, 250 × 160 de 395 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901. 40726

Construction des Machines.

Diesel (R.). — *Le Moteur thermique Diesel*, par R. Diesel (Extrait du premier volume des comptes rendus du Congrès de Mécanique de 1900) (in-4°, 320 × 225 de 23 p. avec 10 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de M. L.-V. Rancelant, M. de la S.).

La Mécanique à l'Exposition de 1900, 2e livraison. 5e dans l'ordre d'apparition. Les chaudières à vapeur pour l'industrie et la marine, par M. Ch. Bellens (in-4°, 320 × 220 de 141 p. avec 70 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, Février 1901 (Don de l'éditeur). 40709

Steam Engines and Boilers. January 1901. Catalogue n° 1. Sixth Edition. Fraser and Chalmers, Chicago-London (in-8°, 230 × 150 de 132 p.). Chicago, Rogers and Smith C° (Don des auteurs). 40721

Économie politique et sociale.

Bulletin de la Société d'Economie politique, publié sous la direction du Secrétaire perpétuel. Année 1899 (in-8°, 250 × 165 de 274 p.). Paris, Guillaumin et Cie. 40730

Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale annuelle du 29 avril 1899 et du 28 avril 1900. Rapports du Conseil d'administration sur les comptes de l'exercice 1898 et 1899. Bilan. Tableaux comparatifs des divers services de la Compagnie pendant les deux derniers exercices (in-4°, 310 × 240 de 48 p.). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1899, 1900. 40695 et 40696

Conseil supérieur du travail. Neuvième session, juin 1900 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes). (in-4°, 270 × 220 de 527 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 40729

Rapports sur l'application pendant l'année 1899 des Lois réglementant le travail (Lois du 2 novembre 1892 et du 12 juin 1893). Rapports des Inspecteurs divisionnaires du travail. Rapports des Ingénieurs en chef des Mines (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes. Direction de l'Industrie) (in-8°, 235 × 150 de CLXXVIII-726 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900 (Don de M. le Ministre du Commerce). 40717

Électricité.

Elektrizitäts-Actien-Gesellschaft wormals W. Lahmeyer und C°, Frankfurt-Main (album in-f° 480 × 330 de 68 p.). Frankfurt-a-Main, Schirmer und Mahlau. 40683

MONTPELLIER (J.-A.) et ALIAMET (M.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 13e fascicule. Cinquième livraison dans l'ordre d'apparition. Instruments de Mesures électriques*, par J.-A. Montpellier et M. Aliamet (in-4°, 320 × 230 de 160 p. avec 247 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, janvier 1901 (Don de l'éditeur). 40691

Législation.

Annuaire Farjas pour les Inventeurs. 3e année 1900 (in-8°, 270 × 180 de 32 p.). Paris, Paul Dupont, 1900 (Don de M. H. Farjas, M. de de la S.). 40702

Officers and Members of the American Society of Naval Engineers, 1901 (in-8°, 230 × 150 de 16 p.). 40724

Real Academia de Ciencias y Artes. Ano academico de 1900 à 1901. Nomina del Personal académico (in-8°, 160 × 90 de 101 p.). Barcelona, A. Lopez-Robert. 40733

Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Annuaire pour l'année 1901 (in-18, 175 × 110 de 130 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1901. 40707

Médecine. — Hygiène. — Sauvetage.

TRANIELLO (N.). — *L'Ospedale militare del Celio a Roma. In relazione ai moderni concetti d'Igiene ospitaliera*, per V. Traniello (in-8°, 235 × 165 de 88 p. avec 15 pl.). Roma, Enrico Voghera, 1901 (Don de la Revista d'Artiglieria e Genio). 40728

Métallurgie et Mines.

ANDERSON (J.-W.) et ROSSET (J.). — *Manuel du Prospecteur. Guide pour la recherche des gîtes minéraux et métallifères*, de J.-W. Anderson. Édition française par J. Rosset (Bibliothèque des Actualités scientifiques, n° 78) (in-16, 185 × 135 de 223 p. avec 73 fig.). Paris, Bernard Tignol, 1901 (Don de l'éditeur). 40731

BAILLY (L.). — *L'Avenir économique et financier de l'industrie houillère et la sidérurgie en France*, par L. Bailly (in-8°, 240 × 160 de 27 p.). Paris, V^re Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40710

Le Guide Adresses français. Annuaire de la Métallurgie, du Génie civil et de l'Entreprise. Publié par la Rédaction de la Métallurgie, 1898 (in-8°, 275 × 180 de 3013 p.). Paris, Administration, 20, rue Turgot (Don de M. E.-A. Fayolle, M. de la S.). 40699

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BERTIN (L.-E.). — *Les Marines de guerre à l'Exposition universelle de 1900*, par L.-E. Bertin (Extrait de la Revue technique de l'Exposition universelle de 1900) (in-8°, 280 × 190 de 100 p. avec 70 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'auteur). 40684

BERTIN (L.-E). — *Note sur les cofferdams des bâtiments de guerre, cuirassés et torpilleurs*, par L.-E. Bertin (in-4°, 320 × 210 de 29 p. avec 20 fig. autog.). Paris, 25 juin 1900 (Don de l'auteur). 40685

BERTIN (L.-E.). — *Stabilité d'un paquebot après un abordage en mer, dispositions propres à prévenir le chavirement*, par L.-E. Bertin (Mémoire présenté au Congrès d'Architecture et de Constructions navales de 1900) (in-8°, 280 × 190 de 18 p. avec 4 fig. et 2 pl.). Paris, Gauthier-Villars (Don de l'auteur). 40686

MURRAY DOBSON (J.). et HERGO (L.-A.). — *El Puerto de Buenos Aires*. Memoria presentada al Instituto de Ingenieros Civiles de Londres, por el Ingeniero James Murray Dobson. Traducida y anotada por el Ingeniero Luis A. Hergo, par la Revista Tecnica (in-8°, 265 × 180 de 213-v p. avec 2 pl.). Buenos Aires, Imprenta de la Revista Tecnica, 1900 (Don de la Revista Tecnica). 40732

Périodiques divers.

Journal officiel de la République Française. Tables alphabétiques et analytiques de 1900 (in-4°, 330 × 240 de 139, 18, 7, 35, 12 p.). Paris, Imprimerie des journaux officiels, 1901. 40704

Physique.

HANREZ (P.). — *L'Industrie belge et la crise des charbons*. Interpellation de M. Hanrez au Sénat le 20 décembre 1900 (in-12, 190 × 125 de 44 p.). Bruxelles, J. Lebègue et Cie, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40687

Sciences mathématiques.

Chabal (E.). — *Essais faits à la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée depuis 1885*. Note par M. E. Chabal (in-4°, 310 × 210 de 89 p.). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1901 (Don de M. Ch. Baudry, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France). 40706

Föppl (Aug.) et Hahn (E.). — *Résistance des matériaux et Éléments de la Théorie mathématique de l'élasticité*, par Aug. Föppl. Traduit de l'allemand par E. Hahn (Encyclopédie industrielle fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 255 × 165 de 489 p. avec 74 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1901 (Don de l'éditeur). 40697

Sciences morales. — Divers.

Duval (Ed.). — *Discours prononcé aux obsèques de Auguste Gatget, le 27 février 1901*, par M. Edmond Duval (in-8°, 240 × 160 de 8 p.). Paris, E. Bellamy (Don de l'auteur). 40723

Technologie générale.

Agendas Aide-Mémoire des Arts et Métiers et des Arts et Manufactures, 1901 (in-8, 220 × 135 de 397 p.). Paris, J. Loubat et Cie (Don de l'éditeur, M. de la S.). 40688

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso 1899, 1re partie, 284609 à 285516* (in-8°, 250 × 155). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 40720

Die Hundertjahrfeier der Koeniglichen Technischen Hochschule zu Berlin 18-21 October 1899 (in-4°, 355 × 255 de 210 p. avec illust.). Berlin, H.-S. Hermann, 1900. 40690

Festschrift der K. K. Technischen Hochschule in Brünn, zur feier ihres Fünfzigjahrigen Bestehens und der Vollendung der Erweiterungsbaues im October 1899 (in-4°, 310 × 230 de 392 p. avec illust.). Brünn, Rudolf M. Rohrer, 1899. 40689

Mécanique. — Électricité. Journal mensuel traitant de la pratique de l'industrie et des arts et métiers. 1re année. N° 1. Mars 1901 (in-8°, 295 × 195 de 32 p. à 2 col.). Paris, J. Loubat et Cie (Don de l'éditeur, M. de la S.). 40703

Neununddreissigstes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich Dezember 1900 (in-8°, 220 × 155 de 90 p.). 40715

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol XLIV. December 1900 (in-8°, 230 × 145 de v-504-ix p. avec 24 pl.). New-York, Publised by the Society, 1900. 40692

Travaux publics.

Congrès national des Travaux publics français, Paris, 22-26 octobre 1900. Compte-rendu des Travaux. Liste générale des adhérents. Comité permanent (in-8°, 285 × 190 de 239 p.). Paris, Secrétariat général (Don de M. Ed. Peigné, Secrétaire général du Congrès, M. de la S.). 40708

Dardart (E.). — *Exécution des Travaux publics*, par Émile Dardart (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 180 × 120 de xi-624 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40701

Le Guide-Adresses du Bâtiment. Annuaire des Architectes, des Ingénieurs et des Entrepreneurs. Publié par la Rédaction du Bulletin des Travaux, 1898 (in-8°, 275 × 180 de 3013 p.). Paris, Administration, 20, rue Turgot (Don de M. E.-A. Fayolle, M. de la S.). 40698

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de Mars 1901, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM.

E.-E. Biard,	présenté par MM.	L. Salomon, Flaman, Gambaro.
F. Brush,	—	Grille, Solignac, A. de Traz.
J. Carlioz,	—	Adhémar, Dillemann, Fayol.
M.-P.-R. Danloux-Dumesnil,		Mesureur, Raty, Willems.
A. Duportal,	—	Abadie, Compère, Terrier.
H.-E.-L. Fievet,	—	Fayollet, Germot, Taillandier.
L.-J.-B. Goussard,	—	D.-A. Casalonga, Chelu-Bey, Gaune.
Ch.-A. Iung,	—	Appert, Journolleau, Roman.
H.-E. Jeannin,	—	D.-A. Casalonga, Casalonga fils, Gaune.
E.-A. Jousset,	—	Ansaloni, L. Périssé, Brice.
E. Le Blant,	—	L. Salomon, Barba, Flaman.
A.-L.-A. Lebrasseur,	—	Jannettaz, L. Périssé, Regnard.
J.-J. Oudet,	—	Salomon, Flaman, Jacqmin.
M.-J.-A. Perodeaud,	—	Baignères, Charvet, Falconnet.
V.-J. Pettré,	—	Beau, Ch. Bourdon, Fehrenbach.
J.-A. Quost,	—	Dujardin-Beaumetz, Lesourd. Wurgler.
A.-A.-F.-X. Rousse,	—	Z. Barbier, A. Berton, Duplaix.
J.-F.-E.-A. de Traz,	—	Grille, Solignac, A. de Traz.
O.-H. Wildt,	—	Blot, Compère, G. Petit.

Comme Membres Associés, MM.

A.-Ch. Lemaréchal,	présenté par MM.	J. Piat, F. Faure-Beaulieu, E. Garnier.
P.-M. Lemaréchal,	—	J. Piat, F. Faure-Beaulieu, E. Garnier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1901

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er MARS 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 9 heures.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues, ce sont :

M. Delamare-Deboutteville (E.-N.-F.), membre de la Société depuis 1899.

Au sujet de ce décès, nous avons reçu de notre Collègue, M. A. Greiner, Directeur général de la Société Cockerill, une lettre, dont nous extrayons le passage suivant :

« Doué d'une vive intelligence, d'un savoir des plus étendus, d'une » modestie et d'une délicatesse de sentiments extrêmes, ce travailleur » infatigable a terminé trop tôt sa carrière (il meurt à peine âgé de » 45 ans), par sa collaboration avec la Société Cockerill à l'Expo- » sition de cette grande machine à gaz (700 *ch* au gaz pauvre ou » 1 000 *ch* au gaz de ville), qui a fait sensation au Champ-de-Mars en » 1900. Il était fier, et à juste titre, de l'exécution de cette œuvre qui » représente ce qui a été fait jusqu'ici de plus considérable dans ce » domaine de l'art de l'Ingénieur.

» Il disparait hélas ! au moment où il allait recueillir les fruits des » labeurs accumulés pendant des années d'études nombreuses, qui ont » précédé l'éclosion des nouvelles applications des machines à gaz au » service des hauts fourneaux. L'élan qu'il a donné ne se ralentira pas, » mais combien est pénible pour ses collaborateurs la pensée qu'il ne » jouira pas de son succès. »

M. Douziech (Émile), ancien Élève de l'École Polytechnique (1884), Membre de la Société depuis 1899. A été Contrôleur du matériel et de la traction, Sous-Chef puis Chef de dépôt et, en dernier lieu, Inspecteur, Secrétaire de l'Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans.

M. Faliès (J.-A.), ancien Élève de l'École Centrale (1853), membre de la Société depuis 1858. La Société des Ingénieurs Civils de France a été représentée à ses obsèques par son Président, M. Ch. Baudry, qui a prononcé, sur la tombe de ce regretté Collègue, un discours qui sera inséré dans un prochain Bulletin.

M. de Fontbonne (H.), ancien Élève de l'École Centrale (1851), Membre de la Société, depuis 1897. A été Ingénieur Chef des fabrications à la fabrique de produits chimiques de la Société de Verviers (Belgique) puis à la fabrique de produits chimiques de Stolberg (Prusse).

Entré ensuite à la Société des Chemins de fer autrichiens en qualité d'ingénieur, avec mission de construire une fabrique de produits chimiques à Moldova, dans les domaines que ladite Société possédait en Hongrie. Promu Chef de l'Administration locale de Moldova, et en 1879, lors de la réorganisation que la Société a fait subir à son grand domaine, il est appelé à la direction du centre administratif d'Oravicza, qui comprenait un territoire de 43 000 *ha*, sur lequel se trouvaient disséminés des mines de pyrite, de cuivre et plusieurs établissements industriels en exploitation. Prend sa retraite en 1884, comme Ingénieur et Administrateur des Usines et Domaines de la Société autrichienne-hongroise des Chemins de fer de l'État.

M. Gatget (A.), ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1842), Membre de la Société depuis 1880. A sa sortie de l'École, il entra comme ajusteur aux ateliers d'Oullins, dirigés alors par l'Ingénieur Séguin, célèbres à bien des titres. En 1856, il fut attaché en qualité de chef de section à l'entreprise Parent, Schaken et Cie, chargée de la réfection de la ligne de Lyon à Saint-Etienne.

MM. Parent et Schaken ayant repris pour leur compte les ateliers d'Oullins, M. Gatget vint y reprendre sa place jusqu'au moment où, une Société en participation ayant été constituée entre MM. Parent, Schaken et Cie et l'ancienne Société Cail pour l'exécution de divers travaux, il fut choisi pour représenter cette Société à l'étranger, à laquelle, en 1862, la Compagnie de Fives-Lille, qu'ils venaient de fonder vint se substituer.

En cette qualité, M. Gatget séjourna en Espagne, en Italie et en dernier lieu en Égypte. Les deux premiers séjours furent faits pour le compte de la participation Fives-Lille et Cail, et le dernier pour le compte de la Compagnie de Fives-Lille seule.

Pendant cette période, M. Gatget obtint la commande et dirigea la construction d'un grand nombre de travaux métalliques, pour diverses Compagnies de Chemins de fer espagnoles et italiennes et pour le vice-roi d'Égypte.

Rentré définitivement en France, en 1879, il fut choisi par la Compagnie de Fives-Lille pour remplir les importantes fonctions de Secré-

taire général de cette Compagnie ; il les conserva jusqu'à son décès, survenu le 24 février.

M. Walrand (Ch.), ancien Élève de l'École des Mines de Paris, Membre de la Société depuis 1882.

A été Ingénieur-Chimiste à Montataire, puis Sous-Chef de service des aciéries du Creusot, Directeur des Aciéries de Huta-Bankowa, Directeur général de la Société des Aciéries de Longwy ; constructeur d'aciéries : Bessemer, Thomas, Siemens et Martin.

M. le Président est certain d'être l'interprète des sentiments de la Société en adressant aux familles de nos regrettés Collègues l'expression de notre plus douloureuse sympathie.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société des décorations et nominations suivantes :

M. d'Abramson a été nommé Chevalier de la Légion d'honneur ;

MM. L. A. Perreau et J. A. Simonet ont été nommés Officiers d'Académie ;

MM. Durey-Sohy et Ch. Michel, ont été nommés chevaliers du Mérite agricole.

M. Ménard-Saint-Yves a été élu Membre de l'Académie de Médecine.

M. le Président dépose, sur le Bureau, la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages, M. le Président signale plus spécialement le don qui nous a été fait par M. Gauthier-Villars d'un volume intitulé « Résistance des matériaux et éléments ; de la théorie mathématique de l'élasticité, par A. Föppl, traduit de l'allemand par E. Hahn (*Encyclopédie industrielle de Léchalas*) ».

M. le Président annonce que notre Collègue, M. Charles Pelletier, récemment admis, vient de faire le don de 10 *f*.

Il adresse les remerciements de la Société à notre Collègue.

M. le Président donne la parole à M. G. Forestier, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Membre honoraire de la Société pour son *Compte rendu des concours d'automobilisme industriel : voitures de place, voitures de banlieue, voitures de livraison de ville et de banlieue, camions à marchandises. — Indication des prix de revient. — Notes sur les conséquences qu'ont, pour les chaussées suivies, les services réguliers d'automobiles organisés jusqu'ici.*

M. G. Forestier rend compte des concours qui ont été organisés pour l'Exposition Universelle de 1900, en groupant tous ceux qui ont un caractère industriel.

Les *véhicules électriques* qui ont pris part au troisième concours des voitures de places automobiles sont ceux dont la présence avait fait l'intérêt des deux premiers concours. Le jury a récompensé les systèmes Krieger et Jeantaud.

Le concours des voiturettes de livraison a consisté à faire exécuter pendant cinq jours par les concurrents dans Paris un véritable service

de transports de colis postaux qui étaient laissés en divers dépôts le matin pour être repris le soir. Une seule voiture électrique, système Ricker, a pris part à ce concours ainsi qu'au concours des voitures de livraison de banlieue qui faisaient partie du quatrième concours des poids lourds.

Il faut signaler en outre les omnibus système Lombart-Gérin à trolley-automoteur qui circulaient autour du lac Daumesnil et le gros chariot de la Raffinerie Say pesant en charge 22 *t* et portant 10 *t* de charge utile qui a pris part à quelques épreuves du concours des poids lourds; le poids de la batterie était de 2,25 *t*.

Les *véhicules à essence* primés sont les fiacres Peugeot et de Riancey. les voiturettes de livraison portant 120 à 300 *kg* de charge utile des systèmes de Dion-Bouton, Peugeot, Gillet-Forest, Corre dont les consommations ont varié de 0,08 *l* et 0.09 *l* par 100 *kg* de charge utile, les voitures de livraison urbaines Brouhot et de Dietrich dont les châssis sont identiques à ceux des voitures de tourisme des mêmes constructeurs: le prix de revient de la journée de ces voitures de livraison est d'environ 19 *f* pour un parcours de 60 *km*.

Dans le concours des poids lourds, nous avons retrouvé l'omnibus Panhard-Levassor qui avait pris part au 3e concours tenu à Versailles en 1899: son fonctionnement comparé à celui de l'omnibus de la même maison qui a pris part au concours de tourisme a permis de faire ressortir l'influence des itinéraires sur la consommation et le prix de revient. Quant au transport des marchandises pour lequel les camions Panhard-Levassor, Peugeot et de Dietrich ont été primés, on a constaté que la consommation d'essence par tonne kilométrique a été considérablement majorée en raison de la vitesse moyenne plus élevée qu'elle ne le serait en pratique.

Les *véhicules à vapeur* étaient représentés par les omnibus et camions de Dion-Bouton et un omnibus Turgan qui a fait par la suite un voyage en Tunisie. La comparaison des résultats obtenus sur les véhicules de Dion-Bouton en 1897, 1898, 1899 et 1900 fait ressortir la progression des poids et les vitesses bien que les consommations restent constantes: le prix de revient du voyageur-kilomètre en 1900 varie ainsi de 0,059 *f* à 1/3 de charge à 0,020 *f* à charge entière. Les prix de revient calculés d'après les résultats du concours sont corroborés en grande partie par ceux qui ont été fournis par un service régulier d'omnibus à vapeur de Stenay à Montmédy dans la Meuse.

En ce qui concerne le transport des marchandises intermittent sur les petits trajets jusqu'à 20 *km* la traction mécanique procure une économie sur la traction animale.

Enfin un inconvénient des véhicules mécaniques est la détérioration des routes qui résulte des transports réguliers, d'après les chiffres communiqués pour les départements du Calvados, du Var, de la Meuse.

M. le Président remercie M. Forestier de la série d'intéressantes communications qu'il a faites à la Société, soit en séance, soit à l'Exposition du Grand Palais.

M. le Président donne la parole à M. O. Rochefort pour sa double communication sur des :

1° *Dispositions permettant l'Association de deux résonateurs Oudin pour la production intensive d'effluves.* 2° *Appareils de télégraphie sans fil (émetteurs, récepteurs, cohéreurs).*

M. O. Rochefort explique que notre savant Collègue, M. Paul Janet, ayant donné les théories actuellement admises sur la haute fréquence, il ne reviendra pas sur le côté théorique de la question, mais il vient présenter des apparoils qui sont des applications de haute fréquence, destinés l'un, *le Résonateur Oudin bipolaire*, à l'électrothérapie, les autres, à la télégraphie sans fil.

Le résonateur Oudin bipolaire a été créé par M. O. Rochefort, dans le courant de décembre 1899. Il décrit le résonateur Oudin ordinaire et, par des considérations basées sur l'assimilation de ce qui se passe dans le résonateur Oudin à l'induction, il en déduit que les effluves produits par un résonateur Oudin sont des effluves alternatifs, mais qui ont toujours le potentiel du nom de l'une des deux boules de l'éclateur, boule qui est toujours la même, étant données les connexions invariables.

De cette considération, il passe à la mise en tension de deux résonateurs Oudin qui forment alors un ensemble bipolaire, donnant des effluves alternatifs à chacun des deux pôles, mais qui sont à chaque instant de nom contraire. Les effluves ainsi produits s'attirent manifestement. En changeant les connexions dérivées à l'un des résonateurs, on arrive à faire produire des effluves toujours de même nom aux deux pôles, effluves qui alors se repoussent; ce qui prouve bien, qu'en pratique, les résultats sont ceux auxquels conduisent les théories exposées.

M. O. Rochefort explique qu'il y a plusieurs manières d'obtenir les effluves bipolaires s'attirant, mais que le meilleur système est celui des deux condensateurs de l'éclateur à armatures externes jumellées.

M. O. Rochefort passe à la deuxième partie de sa communication et décrit ses appareils relatifs à la *télégraphie sans fil.*

L'émission des ondes de Hertz, est produite par les appareils suivants :

1° Un *transformateur* système Rochefort, précédé d'un *interrupteur* du type décrit précédemment à la Société.

Ce transformateur est intensif, parce que son secondaire est formé de deux galettes enchevêtrées qui sont accouplées en quantité. M. Rochefort explique par un dessin la façon dont sont formés les enroulements.

Il est unipolaire, parce que la mise à la terre de sa borne à tension négligeable, donne des étincelles aussi et même plus puissantes en quantité et en tension que l'étincelle obtenue sans mise à la terre.

2° Un *éclateur* entre les boules desquelles éclate l'étincelle de Hertz, il est directement relié aux deux pôles du transformateur. Les boules sont dorées. L'ensemble de l'appareil est très simple.

Le récepteur forme un ensemble d'organes nouveaux parmi lesquels des supports de tubes spéciaux à lames, qui permettent d'employer des

tubes sans fil extérieur, et un *frappeur* d'un système particulier, à frappe multiple.

Les tubes employés sont du type Tissot, ou du type Rochefort-Tissot, ou du type Rochefort seul; les deux premiers étant magnétiques et le dernier à limaille non magnétique. M. O. Rochefort décrit ces trois tubes en en indiquant les avantages.

M. O. Rochefort fait des expériences d'abord avec le résonateur Oudin bipolaire, puis des expériences de télégraphie sans fil.

Il emploie comme émetteur une toute petite bobine, l'émetteur employé dans la marine étant beaucoup trop puissant pour faire des essais dans une salle. Il fait des essais de réception et termine en faisant éclater l'étincelle oscillante de 9 *cm* de longueur qui a permis à MM. les lieutenants de vaisseau Tissot et Jehenne, de Brest, de correspondre jusqu'à 80 *km*, de navire à navire.

M. le Président remercie M. Rochefort de sa communication et des intéressantes expériences faites devant la Société.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. E.-E. Biard, M.-P.-R. Danloux-Dumesnils, L.-J.-B. Goussard, E.-A.Jousset, A.-L.-A. Lebrasseur, M.-J.-A. Pérodeaud, V.-J. Pettré, A.-A.-F.-X. Rousse, comme Membres Sociétaires.

MM. F. Brush, J. Carlioz, Ch. Iung, H. Fiévet, A. Jeanin, E. Le Blant, J. Oudet, J. Quost, J. de Traz et O. Wildt, sont reçus Membres Sociétaires;

Et MM. A.-Ch. Lemaréchal et P.-M. Lemaréchal sont reçus Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures et quart.

Le Secrétaire,
Lucien Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 MARS 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

A propos des communications faites dans les séances précédentes, par M. l'Inspecteur général Forestier sur les concours d'automobiles, il est donné lecture d'une lettre adressée à M. Forestier, par notre Collègue, M. Honoré, Directeur des Grands Magasins du Louvre.

Cette lettre est ainsi conçue :

« Paris, le 5 mars 1901.

» Monsieur l'Inspecteur général,

» Au nombre des auditeurs de vos si intéressantes communications, » du 1er mars, à la Société des Ingénieurs Civils de France, je n'ai » qu'à joindre mes applaudissements à tous ceux qui vous ont été » adressés pour les enseignements si précieux et si nets que vous nous » avez apportés sur la question des voitures de livraisons automobiles.

» Les renseignements recueillis au Louvre par une exploitation con- » tinue corroborent absolument les chiffres que vous nous avez donnés » sur la consommation du pétrole.

» Quant aux frais d'entretien, ils restent toujours extrêmement élevés, » et l'une des causes de cette élévation est la non-identification d'in- » térêt entre le constructeur et l'exploitant.

» Il est démontré pour nous que l'entretien doit être fait par l'indus- » triel exploitant, ou tout au moins qu'il faut trouver une formule in- » téressant l'atelier de réparations, non pas sur les frais de réparations, » mais sur le nombre des journées de marche.

» Nous entrons dans cette voie au Louvre depuis peu, afin de réduire » le chiffre d'entretien qui, pris dans son ensemble, est actuellement » voisin de la dépense même de pétrole. Il importe de réduire l'entre- » tien à 50 0/0 de la dépense du combustible. Pour y arriver, outre » l'intérêt donné sur les journées de marche, il faut une boite ou en- » veloppe capable d'abriter radicalement contre la poussière les organes » mécaniques de liaison entre le moteur et les roues. Il faut encore » constituer ces organes de façon à résister aux ébranlements de toute » nature qui résultent d'une voie de roulement aussi détestable que le » sont les routes comparées aux rails.

» Actuellement on peut trouver en location une voiture de livraison » pour 35 *f* par journée de travail utile avec 80 *km* de parcours et 800 à » 1 000 *kg* de poids transporté.

» Dans ces conditions, on arrive à la parité avec la traction animale, » mais si ces conditions, qui s'obtiennent dans des services de ban-

» lieue, sont remplacées par 40 *km* faits dans Paris en une infinité de » petites livraisons qui donnent infiniment plus de stationnement que » de roulement, le prix de la journée de l'automobile se réduit bien » peu par la moindre consommation de pétrole, tandis que la traction » animale permet d'obtenir le même service pour 18 et 20 *f* et, par con- » séquent, l'emporte sur l'automobile.

» En résumé, l'automobilisme industriel se justifie, par rapport à la » traction animale, par un parcours supérieur à 50 *km*, tout comme le » chemin de fer l'emporte sur l'automobile par un parcours plus étendu, » ainsi que vous nous l'avez démontré le 1er mars.

» Une autre considération essentielle au point vue économique tou- » chant les automobiles, c'est l'intermittence du service à faire.

» Les chevaux donnent le maximum de rendement économique » quand ils font tous les jours un travail régulier et modéré; sous ce » rapport, le service de livraison des marchandises qui ne comporte » qu'un jour sur sept d'interruption offre un grand avantage pour l'em- » ploi des chevaux.

» Il est clair que si nous avions un service de trois ou quatre jours » par semaine ou de quinze jours par mois ou de quelques mois par » an, les conditions seraient renversées.

» Inutile de vous dire que nous ne pouvons que confirmer votre opi- » nion en faveur des vitesses réduites qui, pour nous, tournent autour » de 15 à 18 *km* en comptant au moins quatre-vings arrêts par jour » pour un service de livraisons.

» Les mêmes observations s'appliquent aux voitures de livraisons » électriques avec une obligation encore plus impérieuse de ne pas faire » d'abonnement au mois ou à l'année pour l'entretien des accumula- » teurs, mais de faire soi-même l'entretien.

» Les accumulateurs souffrent encore plus que les organes mécaniques » des trépidations de la route et il est impossible d'en régler la charge » et la décharge avec le soin et l'exactitude désirable à cause des aléas » de parcours et de résistance de la route.

» Si ces observations, basées sur des comptes d'exploitation toujours » plus sévères que des prix de revient, surtout après quelques années » d'efforts continus, vous paraissent intéressantes à joindre à tous les » enseignements que vous avez déjà donnés, le Louvre sera très heu- » reux de vous avoir ainsi apporté sa modeste contribution.

» En terminant, je dois vous avertir que nous n'avons pas encore de » données suffisantes pour vous mettre à l'abri des quelques déceptions » nouvelles au sujet de l'amortissement, et qu'ainsi nous laissons cette » considération absolument en dehors.

» Veuillez agréer, etc. » Signé : F. Honoré. »

M. le Président a le regret d'annoncer le décès d'un certain nombre de nos Collègues.

En tête de la liste figure le nom de M. Edmond Badois, ancien Vice-Président de notre Société, dont les obsèques ont eu lieu vendredi dernier au milieu d'une grande affluence de ses Collègues de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président a prononcé, à l'issue de la cérémonie religieuse, un discours qui sera reproduit dans un prochain Bulletin.

Sont également décédés :

M. P.-A.-C. Blétry, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1860). Membre de la Société depuis 1875, Ingénieur-Conseil en matière de brevets d'invention.

M. M. Durieux, Membre de la Société depuis 1896. A été Président de la Société anonyme de travaux Dyle et Bacalan; administrateur de la Compagnie générale des chemins de fer Brésiliens; administrateur de la Société anonyme russe de matériel de chemins de fer du Haut-Volga, chevalier de la Légion d'honneur.

M. L. Genès, ancien élève de l'École Centrale (1877). Membre de la Société depuis 1880, licencié en droit, Ingénieur-Conseil, ancien Président du Syndicat des Ingénieurs-Conseils en matière de propriété industrielle.

M. M. Vaïsse, ancien élève de l'École Centrale (1891). Membre de la Société depuis 1895, gérant de la Société thermique Vaïsse, Périssé et Cie, chauffage et ventilation, et de la maison Benet-Duboul et Cie, corderie mécanique.

M. le Président est certain d'être l'interprète des sentiments de la Société en adressant aux familles de nos regrettés Collègues l'expression de notre douloureuse sympathie.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. J. W. Post, L. Salazar et C. Sellerier.

M. F.-M. Richard, officier d'Académie;

M. J. W. Post, officier de l'Étoile noire du Bénin;

M. C.-J.-A. Jablin-Gonnet, officier du Nicham Iftikar et chevalier de l'Étoile Noire du Bénin;

M. E. Horn, chevalier de l'Ordre de François-Joseph;

M. J.-A. Normand, membre correspondant de l'Académie des Sciences:

M. Ch. Compère, membre de la Commission centrale des machines à vapeur au Ministère des Travaux publics;

M. Gaston Menier, membre du Conseil supérieur des Habitations à bon marché;

M. E. Cacheux, membre des Comités locaux d'habitations à bon marché;

MM. A. Brüll et A. Liébaut, membres de la Commission du concours ouvert entre les inventeurs d'appareils fumivores destinés à faire disparaître les inconvénients produits par la fumée.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. le Président a le plaisir de faire connaître qu'un de nos Collè-

gues, qui désire garder l'anonyme, a fait un don de 14 *f* spécialement affecté au fonds de secours.

M. le Président adresse les remerciements de la Société à ce Collègue.

M. le Président communique aux Membres de la Société les deux avis suivants :

1° Un examen pour l'obtention du diplôme de professeur de dessin géométrique et industriel dans les établissements scolaires de la Ville de Paris doit avoir lieu très prochainement.

Les épreuves doivent avoir lieu du 15 au 24 avril et les candidats doivent se faire inscrire de 11 heures à 4 heures, du 1er au 30 mars inclus, à la Préfecture de la Seine (Direction de l'Enseignement, service des examens, annexe Est de l'Hôtel de Ville, rue Lobeau, 2) où ils pourront se procurer le programme de cet examen;

2° Le prochain Congrès de l'Association Internationale pour l'essai des matériaux se tiendra à Budapest, du 9 au 14 septembre prochain.

M. F. Brard a la parole pour sa communication sur les *Travaux des années 1899 et 1900 sur les eaux de l'Avre et de la Vanne* (Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. — Rapport général de M. Duclaux. — Procès-verbaux de la Commission, rapports annexes).

M. Brard dit qu'il va présenter un résumé des travaux de la Commission officielle des eaux de l'Avre et de la Vanne en 1899 et 1900.

Le rapport de M. Duclaux conseille de chercher plutôt à saisir les bacilles au point de départ, c'est-à-dire à la sortie de l'intestin du typhique, et non pas au moment de son passage à l'octroi de Paris. D'où surveillance du périmètre des sources avec des médecins locaux. amélioration des points faibles de la canalisation et du captage des sources.

M. Janet, membre de la Commission, proposa de remplacer les captages existants par des forages tubés allant chercher l'eau à 15 ou 20 *m* dans la craie turonienne, et de supprimer toutes les barbacanes amenant les eaux superficielles. Il montra notamment la contamination accidentelle de la source du Breuil, par le seul fait qu'une vanne voisine était fermée accidentellement au lieu d'être levée.

Le docteur Miquel exposa ses recherches bactériologiques avec la levure de bière, et le docteur Cornil s'éleva contre la théorie de la destruction du bacille typhique par l'action du sol suivant sa nature. La durée d'action est trop faible pour que la virulence puisse être atténuée. M. Brard critique cette opinion en s'appuyant sur Gennevilliers et Achères.

M. Duclaux indiqua qu'il faut faire la délimitation du périmètre d'infiltration des eaux superficielles, à l'aide de matières colorantes et de prises d'eau dans les puits, à deux époques : l'époque hivernale et l'époque estivale. Ces points déterminés, il faut examiner les causes de contamination d'origine végétale et celles d'origine animale.

M. Bechmann a entretenu la Commission des prochains essais de stérilisation par l'ozone à Saint-Maur, et de la création légale d'un périmètre de protection des sources.

La source du Miroir (Vanne), tristement célèbre par sa contamination officiellement reconnue, a été étudiée notamment avec la levure de bière par le docteur Miquel. Le docteur Martin a obtenu la mise en décharge de cette source.

La Commission décida de procéder à trois enquêtes sur les sources :

1° Enquête médicale et hygiénique, par les docteurs Martin et Thierry ;

2° Enquête géologique, par M. Janet, Ingénieur de Mines ;

3° Enquête chimique et micrographique, par MM. Albert-Lévy et Miquel.

Dans le rapport sur la première de ces enquêtes, on trouve l'étude de l'épidémie de fièvre typhoïde de Chennebrun-sur-Avre (septembre 1899), où il y eût 18 malades sur 234 habitants.

On y trouve aussi le rapport du docteur Martin sur le bassin de la Vanne.

C'est une remarquable étude avec de nombreux plans à l'appui, carte générale des points absorbants et effondrements, et conclusions justes. Cette étude se divise en :

La fièvre typhoïde à Sens ;

La fièvre typhoïde dans le bassin de la Vanne en 1899;

Analyse des sources de la Vanne en 1899 ;

Les eaux et la dérivation de la Vanne ;

Conclusions.

« Les eaux captées pour la dérivation de la Vanne semblent être accessibles à des pollutions lointaines, de même qu'à des contaminations plus ou moins rapprochées.

» En tout état de cause, les ruisseaux passant au-dessus de l'aqueduc ou dans son voisinage doivent être pavés jusqu'au delà des agglomérations dont ils écoulent les eaux résiduaires ou de lavage. A défaut de cette mesure, leur écoulement doit être reporté au-dessous et loin de l'aqueduc.

» Il y a lieu, dès maintenant, de supprimer tous les drains en rapport avec des villages, des habitations, des prairies ou des champs cultivés. »

Enfin visite méthodique de l'aqueduc. Les conclusions sont d'une justesse remarquable.

La seconde enquête (géologique) a donné lieu à un très beau rapport de M. L. Janet, Ingénieur au corps des Mines, qui étudie les mesures à prendre pour éviter la contamination des sources soit par amélioration des captages, soit par protection de l'eau de la nappe aquifère.

Les conclusions sont des plus logiques : l'eau de source doit être prise dans la craie pour chaque source par des forages tubés ou un puits cimenté à grande section, c'est-à-dire dans son milieu géologique ; le rapport est à lire du commencement à la fin.

M. Janet a fait aussi l'enquête géologique des sources de la Vanne.

Le rapport de M. Léon Janet est clair et succinct.

Le terrain se compose de *craie à micraster*, recouverte par une faible épaisseur de craie *à bélemnites* au-dessus de laquelle se trouve l'argile à silex.

Au point de vue hydrologique, la même vallée présente successivement des zones *émissives* (sources) et des zones de pertes ou zones absorbantes; l'eau circule dans les diaclases de la craie; ces diaclases sont quelquefois de véritables galeries où passe alors un cours d'eau; le nombre considérable de mardelles de plateau indique que dans beaucoup d'endroits les fissures de la craie se sont agrandies pour former des cavernes; les eaux superficielles sont absorbées par la superficie avec assez de facilité; dans les fonds de vallées, l'eau est absorbée par les mardelles-bétoires, par les bétoires d'affouillement creusés de bas en haut et par les lits poreux.

La contamination de l'eau des sources captées par la ville de Paris peut se produire dans le trajet souterrain, soit au point d'émergence, soit au point d'absorption.

Quelles sont les mesures à prendre?

L'amélioration des captages doit se faire en allant chercher l'eau dans son gisement géologique au moyen d'un canal imperméable; la réfection ou la révision des ouvrages de captage s'impose par suite presque partout; les drains doivent être supprimés.

La protection de la nappe aquifère doit consister à ceinturer les bétoires pour éviter l'arrivée directe à la nappe souterraine de grosses masses d'eau contaminées; par suite, essayer des sols poreux, sinon cimenter le lit jusqu'à la limite du périmètre d'alimentation.

Quant aux puits absorbants des exploitations superficielles comme à Villechétive, où existe un danger permanent, qui s'est manifesté à la source du Miroir, il faut modifier cet état de choses par des négociations de la ville de Paris avec le propriétaire du domaine.

L'enquête chimique et micrographique a donné lieu à un rapport de M. Albert Lévy. En voici les points saillants :

1° Tableau jour par jour des hauteurs de pluie (pluviomètre de Nouvet).

Le pluviomètre du conducteur des Ponts et Chaussées, à Verneuil, donne des différences sensibles avec celui de Nouvet.

	Nouvet.	Verneuil.
Janvier	56,2 *mm*	46,5 *mm*
Février	107,2	60,6
Mars	28,7	20,3
Avril	20,1	16
	212,2 *mm*	143,4 *mm*

différence toujours en faveur du pluviomètre des sources de 68,8 *mm*, inexplicable, chacune des opérations étant exacte;

2° Débits de chacune des sources de l'Avre, variant entre 755 et 1 826 *l* par seconde comme total ;

3° Analyse chimique des sources. Les troubles correspondent à la hauteur de pluie tombée avec un retard de quelques jours ;

4° Analyse de l'eau dans l'aqueduc ;

5° — au réservoir de Villejust ;

6° — dans la canalisation parisienne ;

7° Sol et sous-sol des vallées.

Les expériences de coloration pour démontrer la matérialité de la communication entre tous les bétoires et les sources, furent faites par notre Collègue M. Marboutin.

Au bétoire du Haut-Chevrier, sur le ruisseau du Lamblore, la fluorescéine colora les sources aval captées par la ville de Paris et la source du Petit-Launay. La source du Breuil resta incolore dans chacune des expériences. Cela permet de tracer des courbes *isochronochromatiques* de dix heures en dix heures dans chacun des essais.

Les expériences analogues, mais avec la levure de bière, par quantités de 1 à 2 *kg*, permirent d'en retrouver trace, au bout de 32 heures et 56 heures, dans les réservoirs plus bas.

M. Dienert fit un rapport sur les expériences faites aux sources de l'Avre.

Les expériences n'ayant pu commencer qu'à partir du mois de juillet ne comprennent que la période sèche, et les résultats peuvent changer dans la période humide.

Une expérience en aval du lavoir de Boissy-le-Sec, le 2 juillet, avec la florescéine colora les eaux de l'école des filles de Boissy, toutes les sources de la ville de Paris, moins celle d'Érigny et celle du Breuil. L'eau du lavoir était infecte, et absorbée par le bétoire rendit imbuvable l'eau de l'école des filles de Boissy. Peu de puits furent atteints dans cette saison sèche.

La seconde expérience eut lieu aux bétoires de Chennebrun ; cinq cents puits furent observés, avec quatorze cents prises d'eau en six jours.

Toutes les sources de la ville de Paris furent colorées ainsi que les sources en aval, moins le Trou d'eau et les sources du Breuil et de la Valette.

Aucune prise d'eau n'ayant été faite aux sources Gonord, du Chêne, de Verneuil et Pœlay, l'expérience est donc incomplète, ce qui est à regretter.

La même expérience se fit avec la levure de bière et on n'observa que quatre sources : dont celle du Breuil, qui ne fut pas atteinte.

L'expérience est encore incomplète, car il eut fallu faire les expériences sur les sources de la vallée d'Avre ; en tous cas, elles pourront se répéter dans la période hivernale qui, jusqu'à présent, est notoirement sèche.

Une troisième expérience eut lieu au bétoire du Haut-Chevrier avec la fluorescéine. Le Trou d'eau, source captée, fut atteint, ainsi que les sources des Trois-Mulets et Petit-Launoy de la vallée d'Avre, en aval des sources captées.

Une dernière expérience eut lieu au ruisseau de la Vallée, affluent de l'Avre, avec la fluorescéine. Toutes les sources captées furent colorées. moins celles de la vallée d'Avre (Poelay, le Breuil et la Valette) et le Trou d'eau.

Tout démontre, dans la saison sèche, un courant depuis les bétoires de la Vallée jusqu'aux sources captées et qui peut aller dans la vallée d'Avre lorsque les sources de la vallée d'Avre coulent, ce qui n'est pas le cas, en automne, à partir de la source de Poelay. En résumé, les

expériences d'hiver seront des plus importantes, lorsque toutes les sources à altitude supérieure à la cote 157 couleront, et tel n'est pas le cas des mois de décembre, janvier et février.

En ce qui concerne la Vanne, M. Albert-Lévy a publié un rapport dont voici l'analyse :

C'est le même système géologique que dans le bassin supérieur de l'Avre, grande porosité du sol des vallées, lits poreux, nombreux bétoires et nombreuses mardelles de plateau.

Dans certaines vallées, une source se perd, reparaît pour se perdre à nouveau et réapparaître au fond de la vallée.

Expériences dans la vallée de Fontaine-à-l'Érable. — La florescéine jetée en aval du lavoir de Loncheroy a coloré toutes les sources basses entre autres celles du Miroir, connue de tout le monde, actuellement en décharge l'an dernier, nombre de fois.

Expériences dans la vallée de la Bacute. — Cette vallée, autrefois sèche, reçoit de l'eau depuis le 4 mars 1893 à la suite d'un effondrement sur le plateau ; la vallée tend à redevenir sèche.

La fluorescéine a été versée dans le lavoir qui a été vidé ; deux puits ont été colorés ; quatre sources ont été colorées, dont la source Miroir, de néfaste mémoire.

Expériences dans la vallée du ru de Saint-Ange. — La fluorescéine versée dans un puits situé à 3 *m* d'un effondrement, a coloré les sources de Cochepin et quelques autres. Tout paraît démontrer le passage d'une rivière souterraine près de ce puits, dit Puits de la Crau.

Expérience des puisards de Villechétive. — Les eaux de l'exploitation d'un haras, où il y a 150 chevaux environ, eaux usées, écuries, water-closets, sont déversées dans six puisards ayant de 30 à 48 *m* de profondeur. C'est le tout à l'égout. Les puisards sont dans la craie peu fendillée. Les puits sont tous absorbants.

La fluorescéine a été jetée dans deux puisards. *La source du Miroir a été colorée.* La vitesse était de 1 030 *m* par vingt-quatre heures, vitesse très faible, la vitesse normale étant d'environ 3 *km.*

Les conclusions à tirer sont, que la nappe souterraine est atteinte en nombre de points par des eaux superficielles bien suspectes et qui peuvent être contaminées.

M. Brard aborde le compte rendu des travaux considérables de notre Collègue, M. Marboutin, et dit que ces travaux font honneur à notre Société dont M. Marboutin est membre. M. Brard est certain de se faire l'interprète de tous les assistants en adressant ses félicitations à M. Marboutin.

Cette étude de M. Marboutin a obligé à un déploiement d'énergie considérable pour parcourir le terrain très accidenté ; c'est une série d'observations d'une exactitude remarquable ; elle aboutit aux mêmes faits et aux mêmes explications que pour les sources de l'Avre et de la Vigne.

On trouve des mardelles, c'est-à-dire des entonnoirs d'effondrement démontrant l'existence dans la marne sénonienne de vastes cavités sou-

terraines, de véritables rivières même. Les bétoires ou points d'absorption des cours d'eau superficiels existent, comme dans l'Avre, ainsi que des mardelles-sources ou entonnoirs d'effondrement avec cheminées par lesquelles passe l'eau souterraine qui émerge à la superficie.

Voilà donc trois endroits bien caractérisés avec le même système : le bassin de l'Avre, le bassin de l'Iton, entre Damville et la Bonneville; le bassin de la Vanne.

La caractéristique, dans ce dernier bassin, est que l'argile à silex qui recouvre la marne sénonienne n'a quelquefois que quelques centimètres d'épaisseur. Il y a donc des absorptions rapides par le sol des eaux superficielles. Une autre caractéristique est la présence alternative de mardelles et de bétoires; les mardelles jalonnent la superficie et indiquent les passages où l'eau souterraine coule à l'état de rivière ou de fort ruisseau.

C'est ainsi qu'une rivière importante, dans la Somme, sort à gros bouillons des cavités de la marne. C'est à Fontaine-Bonneleau, sur la ligne de Paris à Amiens, que l'on voit surgir cette rivière, 2 000 *l* par seconde environ.

La description faite par notre Collègue, M. Marboutin, vient apporter un nouveau tribut à ce que l'on connaissait des sources venant, soit de la marne turonienne, soit de la marne sénonienne. Son étude démontre comment les sources peuvent être contaminées à des distances très grandes de leur point d'émergence. Le travail de notre Collègue est un grandiose travail d'observation fait dans un minimum de temps exceptionnel, pris encore, la plus grande partie, par les expériences. Nous pouvons dire que c'est à des Ingénieurs de notre Société que sont dues ces études, qui donnent une si grande clarté à la marche souterraine des eaux.

M. Brard analyse ensuite les *Recherches sur la communication directe des sources de la Vanne. captées par la Ville de Paris, avec les cours d'eau superficiels et les nappes d'eau souterraines. (Rapport* de MM. Miquel, Cambier et Mouchet.)

Les expériences furent faites sur l'eau du ru de la Fontaine-à-l'Érable, pour savoir si ces eaux communiquaient avec les sources captées. La levure de bière fut employée et sa présence fut constatée dans la nappe souterraine après un intervalle de cinq à sept jours.

Il en résulte que la nappe d'eau qui alimente un certain nombre de sources basses peut être contaminée et qu'il est urgent d'exécuter quelques travaux de protection; là où le *saccharomyces cerevisiæ* a passé, passera le microbe de la fièvre typhoïde.

M. Brard dit que M. Ferray, d'Évreux, et M. Max Le Couppey, ont exploré des cours d'eau souterrains débitant 200 à 300 *l* par seconde. Il est certain que ce n'est là qu'une partie infinitésimale des cavités souterraines. M. Brard résume ses conclusions comme suit ;

Les expériences avec la levure de bière démontrent que ce microorganisme, de dimension supérieure aux microbes de la fièvre typhoïde, du choléra et de la peste bubonique, passe avec la plus grande facilité par les mardelles-bétoires, les lits absorbants et n'est pas détruit dans le parcours; par suite, pour les sources de l'Avre, le péril est dans tous

les lavoirs à pertes, tel celui de Boissy-le-Sec, dans les points d'absorption par mardelles-bétoires des eaux superficielles, et les lits de rivière trop poreux; par les déjections dans la rivière des communes riveraines.

A la Ferté-Vidame, l'étang est le dépotoir du bourg et ses eaux vont aux sources par les bétoires en aval. On peut douter qu'un service médical puisse donner sécurité complète avec un nombre de points aussi grands à surveiller.

Pour la Vanne, les mêmes faits sont à citer et là, malheureusement, ne sont pas niables; on peut dire qu'on est toujours avec les puits absorbants, avec ces mardelles-bétoires et les lits poreux absorbant les eaux usées, à la veille d'une épidémie.

M. Janet a développé un programme d'action et comme l'application intégrale de ce programme ne pourra pas s'exécuter, il y aura lieu de demander des lois pour la protection des sources, essayer la filtration comme à Choisy-le-Roi, Saint-Maur et Ivry, ou les procédés d'ozonisation sur de grandes masses, ou les moyens chimiques.

On ne doit pas oublier que, même actuellement dans les campagnes et surtout dans les hameaux éloignés d'une agglomération principale où il y a un médecin, on ne recourt au médecin, dont les frais sont d'autant plus élevés que la distance à parcourir est plus grande, que plusieurs jours après que la maladie s'est déclarée; la surveillance médicale sera donc illusoire dans beaucoup de cas, ce que la pratique confirme, ou, en tout cas, ne produira pas ce que l'on croit, malgré le zèle et le dévouement de nos docteurs. Il n'y a donc pas à se leurrer, le péril par la contamination des eaux de source est quotidien.

M. le Président remercie M. Brard de sa communication et donne la parole à M. Georges Marié.

M. Georges Marié a entendu avec grand intérêt les remarquables communications de MM. Marboutin et Brard; elles ont mis la Société au courant des grands travaux de la Commission de Montsouris, travaux qui auront un grand retentissement partout. M. Marié, sans vouloir en aucune façon critiquer les travaux de cette Commission, croit cependant devoir poser quelques questions. Les méthodes d'examen et surtout *de protection* des sources semblent admettre implicitement quatre principes qu'on pourrait énoncer ainsi :

1° La contamination de la nappe souterraine par le fait des animaux ne sera à craindre que très rarement;

2° La contamination de cette nappe résultant des souillures provenant d'hommes sains est peu dangereuse;

3° La contamination de cette nappe résultant des souillures anciennes du sol (anciennes épidémies) sera très rare.

4° On espère que, en cas de fièvre typhoïde d'un habitant de la région, le médecin arrivera assez à temps pour qu'on puisse prendre les mesures prescrites pour la préservation des eaux de Paris. (M. Brard vient précisément d'attirer l'attention sur ce quatrième point).

M. Marié n'entend nullement faire quatre objections aux méthodes de la Commission; il veut seulement faire observer que, à son avis la méthode adoptée pour la protection des sources constituera un très

grand progrès, sans qu'on puisse dire cependant qu'elle empêchera toujours toutes les causes de contamination de l'eau ; il suppose que c'est aussi l'avis de la Commission.

M. Marié demande à MM Brard et Marboutin s'ils pensent que, malgré les mesures de protection prescrites, il ne pourra pas y avoir *dans des cas très rares* une contamination des sources et des eaux de Paris résultant : 1° des souillures des animaux ; 2° des souillures provenant d'hommes sains ; 3° des souillures anciennes du sol ; 4° du retard dans l'arrivée du médecin local.

M. Marié ajoute que les explications de M. Marboutin le confirment dans son opinion, à savoir que les mesures prescrites par la Commission constituent un très grand progrès, basé sur des travaux scientifiques de premier ordre, et qu'il en résultera une très grande amélioration des eaux de source de Paris.

M. F. Brard répond en citant un cas, en Espagne, où des souillures cholériques avaient conservé toute leur virulence pendant deux ans, et des cimetières après deux cents et trois cents ans.

M. F. Marboutin répond aux orateurs précédents. La Commission n'a pas visé uniquement les souillures de typhiques. — Mais elle a été naturellement amenée à étudier plus spécialement les périmètres où la fièvre typhoïde avait été signalée.

Les cas de souillures anciennes, par exemple à Villechétive (Vanne), ont aussi été étudiés.

Quant au service médical, l'expérience a montré que toute la célérité possible avait été employée, et que les sources, susceptibles d'être contaminées, avaient été mises en décharge en temps voulu.

M. G. Richou demande s'il y a concordance entre les résultats fournis par la fluorescéine et par l'ensemencement à l'aide de la levure de bière.

Il voudrait également savoir si l'on peut craindre que les deux agents ne soient susceptibles d'être annihilés par une même cause, en sorte que certaines communications, existantes en réalité, ne seraient pas décelées.

M. F. Marboutin dit que ces deux corps ont une vitesse de propagation à peu près égale. La fluorescéine sert à explorer un périmètre d'alimentation. La levure donne des indications au point de vue de l'épuration par le terrain. Les deux procédés se complètent l'un l'autre, ne visent pas les mêmes conclusions. La fluorescéine ne se décolore *pratiquement* pas après dix à douze jours de filtration dans le sol.

M. P. Regnard félicite MM. Brard et Marboutin de leurs communications. Il a retenu de cet exposé, le délai relativement long qui s'écoule pour obtenir la fermeture d'une source contaminée, à partir du moment où un cas de souillure est signalé. Les médecins ne pourraient-ils prévenir Paris par télégraphe, et Paris ne pourrait-il réciproquement par télégraphe ou même par téléphone commander aux agents la fermeture immédiate de la source suspecte?

M. F. Marboutin répond qu'il en est ainsi. Le médecin local est lui-même intéressé dans la question, car son rapport est rémunéré — et les

médicaments sont fournis gratis aux malades, qui n'ont ainsi aucune inquiétude à avoir pour les dépenses du service médical, auquel ils peuvent recourir dès les débuts de la maladie.

Il cite un cas où la source a été fermée moins de douze heures après constatation.

M. J. Bergeron rappelle le rôle important des études géologiques dans la question des eaux; il a été très bien compris dans ces derniers temps par l'Administration supérieure. A la suite d'un rapport adressé par M. H. Monod, directeur de l'Hygiène publique à M. le Ministre de l'Intérieur, celui-ci a envoyé aux Préfets une circulaire, en date du 10 décembre 1900, les informant que l'instruction de toute affaire d'adduction d'eau potable devrait dorénavant comprendre trois parties: Il faut d'abord un rapport d'un géologue qui, après avoir visité les lieux. dira quelles sont les conditions de pureté de l'eau et ses chances de contamination. Si le rapport du géologue est défavorable, il ne sera pas donné suite à la demande; s'il est favorable, on pourra procéder aux analyses chimique et bactériologique. Il est a espérer que dans ces conditions on évitera les surprises dont nous a parlé M. Brard.

Les géologues, auxquels reviendra le soin de faire ces études sur le terrain, sont ceux attachés au service de la Carte géologique de la France. Ils ont déjà reçu pour ainsi dire leur lettre de service, M. H. Monod les ayant avertis individuellement des départements dans lesquels chacun d'eux aura à faire des études préliminaires, sur la demande des Préfets. Ces départements d'ailleurs sont ceux dont ils ont à faire la carte géologique pour le service.

M. J. Bergeron fait remarquer que dans ce qui vient d'être dit sur les eaux de l'Avre et de la Vanne, on a reproché aux terrains crétacés de présenter des communications entre les eaux de surface et les eaux de profondeur; malheureusement il en est de même pour tous les calcaires, quel que soit leur âge géologique. Il a bien peur qu'on ait à craindre, avec les calcaires tertiaires dans lesquels la Ville de Paris vient de faire de nouveaux captages, les mêmes dangers qu'avec les calcaires crétacés.

M. le Président résume la discussion. Il constate les résultats remarquables déjà obtenus par la Commission scientifique pour la protection de Paris contre la fièvre typhoïde; mais le procédé auquel elle a dû avoir recours et qui consiste à écarter une source de l'alimentation de Paris dès qu'il se trouve un typhique dans son périmètre est un procédé héroïque qui ne peut être accepté que faute de mieux. De plus il résulte des observations que viennent d'échanger MM. G. Marié et Marboutin que si les déjections récentes des typhiques sont particulièrement à craindre, il y a d'autres causes de contaminations qu'il serait désirable d'éviter. Il y a donc encore beaucoup à faire. L'étude du périmètre d'alimentation des sources au moyen de la fluorescéine est un premier moyen d'investigation. Les expériences au moyen de la levure de bière renseignent sur l'action épurative des terrains traversés; mais cette action est-elle la même pour les différents germes? L'étude géologique des terrains et

la détermination de leur action épurative sur les eaux qui les traversent paraissent être à poursuivre sérieusement.

M. F. Marboutin explique que les études actuelles ne sont qu'un premier pas en avant; elles tendent à déterminer les points où il y a communication avec des eaux polluées. On verra ensuite quels travaux il faudra faire, mais il faut pour cela le vote du projet de loi qui est actuellement devant le Sénat; cette loi permettra de pénétrer chez le particulier propriétaire de foyers de pollution, et de protéger par des travaux le périmètre d'alimentation des sources.

M. Georges Marié demande à M. Marboutin si l'on admet que les fosses non étanches des habitations ne contenant que des personnes ayant toujours été en bonne santé, peuvent contaminer la nappe souterraine, de manière à donner la fièvre typhoïde — ceci, en vue de préciser sa deuxième question précédente, puisque les mesures de protection de la nappe souterraine paraissent devoir s'appliquer aux habitants malades, et non à ceux en bonne santé.

M. F. Marboutin répond que cela peut dépendre de la nature du terrain, et que la question de la virulence de microbes momentanément inoffensifs est à l'étude; dans ces conditions, il est impossible de se prononcer actuellement.

M. le Président remercie les orateurs qui ont pris part à cette très intéressante discussion.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. V. Cambon, A.-M.-M.-T. Huber, C. Le Bris, A. Maire. R. Rouge, H.-J. Schmitt, L.-A.-A. Tordeux, E.-A. Vignes comme Membres Sociétaires ;

et de MM. L.-L. Edeline, P. Tihon comme Membres associés.

MM. E.-E. Biard, M.-P.-R. Danloux-Dumesnils, L.-J.-B. Goussard, E.-A. Jousset, A.-L.-A. Lebrasseur, M.-J.-A. Pérodeaud, V.-J. Pettré, A.-A.-F.-X. Rousse sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à minuit.

Le Secrétaire,
Marcel Delmas.

LES NOUVEAUX MÉTAUX
POLONIUM, RADIUM ET ACTINIUM

PAR

M. Paul BESSON

Introduction.

Ce fut un grand étonnement dans le monde, quand, il y a quelques années, on apprit, presqu'en même temps, que M. Röntgen avait obtenu des photographies du squelette d'une main vivante, en employant les rayons provenant d'une ampoule de Crookes et qu'il avait reconnu, également, que les écrans au platinocyanure de baryum étaient rendus phosphorescents, même étant séparés de l'ampoule par un corps opaque.

De ces découvertes sont nées deux applications « la Radiographie et la Radioscopie » qui sont connues de tous.

En 1896, M. Henri Becquerel, en étudiant les rayons produits par le métal « l'uranium » qui est légèrement phosphorescent, reconnut que ce métal émettait des rayons analogues à ceux produits par l'ampoule de Crookes et jouissant de la même propriété de traverser les corps.

Ces rayons spéciaux furent appelés « Rayons de Becquerel. »

Enfin, en 1898, Mme Curie, M. Curie, professeur à l'École de physique et chimie et M. Debierne, en étudiant des minerais d'uranium, déterminèrent des substances jouissant de la propriété d'émettre des rayons de Becquerel en quantité considérablement plus forte que l'uranium.

C'est de l'action de ces rayons que nous allons parler : elle est, en effet, fort curieuse, puisque ces nouvelles substances produisent de l'électricité, provoquent des actions chimiques à distance, impressionnent les plaques photographiques à travers les corps opaques, et qu'enfin, certaines d'entre elles sont spontanément lumineuses.

Nous espérons que nos Collègues prendront de l'intérêt à une science, pour ainsi dire nouvelle, destinée, peut-être, à modi-

fier nos idées sur la plupart des phénomènes et sur *la nature des choses* que nous connaissons.

Il nous a paru intéressant, bien qu'à l'heure présente ces métaux n'aient pas d'emploi industriel, de faire un bref résumé de leurs propriétés connues, espérant intéresser nos Collègues.

Nous ferons notre étude sur les travaux exécutés dans ces deux dernières années par M. et Mme Curie, M. Becquerel et M. Debierne.

Nous avons pensé que l'avenir pouvait réserver une place importante à ces métaux dans l'industrie. Cela ne serait pas chose nouvelle : le chrome, le tungstène, le vanadium, ont été longtemps des produits de laboratoires, avant de trouver des applications dans la métallurgie ; il en fut de même pour l'aluminium ainsi que pour les sels de thorium, de cerium, de didyme et de lenthane, dont l'emploi s'est généralisé en ces dernières années, pour la confection des manchons Auer et Denayrouse.

Découverte.

En 1898, Mme P. Curie découvrit dans deux des minerais d'uranium, la pechblende (oxyde d'urane) et la chalcolyte (phosphate de cuivre et d'uranyle) un élément nouveau, « le polonium », dont les propriétés chimiques sont très voisines de celles du bismuth ; quelque temps après, M. P. Curie, professeur à l'École de physique et chimie de la ville de Paris, Mme Curie et M. Bémont, déterminèrent un autre corps simple de la famille du baryum, « le radium ».

Enfin, en 1899, M. Debierne caractérise un troisième métal, ayant des propriétés se rapprochant du thorium et qu'il nomme « l'actinium ».

Extraction.

Nous ferons un bref résumé des procédés d'extraction.

Ces métaux sont contenus dans les minerais d'uranium et de thorium, tels que la pechblende et la chalcolyte.

La carnotite, minerai de vanadium et d'uranium, renferme du baryum et du bismuth, ainsi que du radium et du polonium ; nous ne connaissions pas de carnotite en France, quand dernièrement on nous a indiqué un gisement dans les Alpes.

Enfin, l'autunite (phosphate hydraté urano-calcique) en ren-

ferme de très petites quantités, mais c'est là un minerai extrêmement rare, dont on trouve quelques débris à Autun.

La Société centrale de produits chimiques (ancienne maison Rousseau) prit à sa charge les frais du traitement des résidus de minerais d'urane, provenant des mines impériales de Joachimsthal (Bohême) : ce fut grâce à l'obligeance de M. Michel-Lévy, membre de l'Institut, directeur de la Carte géologique de France, que la première tonne de résidus fut fournie gracieusement; nous sommes heureux de saisir l'occasion de l'en remercier.

Les résidus de pechblende, débarrassés de l'urane, furent traités dans l'usine de Javel par les acides, et la liqueur ainsi obtenue, par l'hydrogène sulfuré.

On obtient des sulfures complexes renfermant du plomb, du bismuth, du cuivre, de l'arsenic et de l'antimoine.

Les sulfures furent traités par le sulfure d'ammonium, qui dissout les sulfures d'arsenic et d'antimoine.

Le résidu fut repris par l'acide azotique, on précipite le plomb par l'acide sulfurique à l'état de sulfate de plomb insoluble.

Enfin, le polonium et le bismuth furent précipités par l'ammoniaque, le cuivre restant dans la liqueur.

M. et Mme Curie firent des séparations incomplètes entre les sels de bismuth et de polonium, en profitant de ce que les sels de polonium se précipitent plus rapidement que les sels de bismuth, dans l'eau acidulée.

M. Demarcay n'a pas reconnu au spectroscope de raies particulières au polonium. Les sels de la famille du bismuth ne sont pas faciles à étudier au spectroscope; les raies sont peu caractéristiques. Cependant, tout dernièrement, M. Dorn, en Allemagne, a reconnu des raies dans les parties ultraviolettes du spectre.

Le radium, découvert par Mme Curie, M. Curie et M. Bémont, a des propriétés très semblables à celles du baryum. On a pu séparer dernièrement le chlorure de radium du chlorure de baryum. C'est un homologue du baryum dans les alcalino-terreux.

Pour enrichir le sel en radium, on s'est servi d'eau alcoolisée, où le chlorure de baryum est plus facilement soluble que le chlorure de radium.

M. Demarcay a reconnu jusqu'à 15 raies spectroscopiques particulières au nouveau métal.

Enfin, M. Debierne tira « l'actinium » d'une pechblende, débarrassée d'uranium. Ce métal se trouve compris dans les sulfures

ne se formant pas par l'hydrogène sulfuré, mais par le sulfure d'ammonium.

Le traitement, commencé en automne 1899 dans l'usine de Javel, appartenant à la Société centrale de produits chimiques, a porté sur 3 *t* 1/2 de résidus de minerais d'urane.

Pour donner une idée de la difficulté du traitement dont les dernières phases ont été exécutées par M. et Mme Curie, et par M. Debierne, il suffit de dire qu'il y a environ 1 *dg* de chlorure de radium pur, par tonne de résidus !!

M. Curie a obtenu du chlorure de radium, privé de baryum, en juillet 1900.

La quantité de chlorure de radium pur est si faible, que l'étude du poids atomique n'a pu être faite que sur un mélange en parties égales, de chlorure de radium et de chlorure de baryum.

Ce poids atomique a été trouvé égal à 175, très supérieur, on le voit, à celui du baryum, qui est de 137.

Le radium vient bien dans les corps à haute atomicité de la classification de Mendeléjeff.

L'Académie des Sciences de Paris, la Société d'encouragement et un généreux anonyme, ont permis de faire le traitement d'une partie des résidus.

La Société centrale de produits chimiques a exécuté à ses frais la plus grosse partie du traitement et une portion des fractionnements.

Propriétés radio-actives des nouveaux métaux.

Les nouveaux métaux jouissent de propriétés extrêmement curieuses, parmi lesquelles, la radio-activité est la plus importante.

Dès 1896, M. Henri Becquerel, en étudiant les corps phosphorescents, remarqua : que, parmi eux, les sels d'uranium et les sels doubles d'uranyle et de potassium ou de sodium produisaient des radiations spéciales ayant beaucoup de similitude avec les rayons X.

Ces matières ne paraissaient pas puiser leur énergie à une source extérieure par l'absorption des rayons calorifiques, lumineux, ultraviolets, Röntgen ou cathodiques.

Ce phénomène était absolument nouveau et tout autre que la phosphorescence ou la fluorescence.

L'uranium métal ou en combinaison émet indéfiniment un flux

d'énergie, malgré toutes les précautions prises pour l'isoler des radiations extérieures.

Ces rayons, propres à l'uranium, furent désignés sous le nom de rayons de Becquerel.

Les trois métaux « le polonium, le radium et l'actinium émettent des rayons de Becquerel en quantité énorme; cependant, on n'a pu isoler encore ces métaux.

Il n'empêche que les mélanges de chlorure de baryum et de radium ou d'oxyde de bismuth et de polonium fournissent un rayonnement au moins 100 000 fois plus grand que celui de l'uranium métal.

D'après les derniers travaux de MM. Giesel en Allemagne, Crookes en Angleterre, Debierne et Becquerel en France, il semble que l'uranium ne doit son activité qu'à la présence de traces d'« actinium ».

Les rayons cathodiques ou les rayons Röntgen ou rayons X se propagent en ligne droite; ils sont absorbés plus ou moins, suivant la densité des corps qu'ils traversent, ils excitent la fluorescence et la phosphorescence ; enfin, ils ont une action sur les plaques photographiques, qui sont impressionnées.

Ce sont là des phénomènes connus de tous.

Il y a cependant une différence entre les rayons cathodiques et les rayons X.

Si les deux sortes de rayons rendent l'air conducteur, les rayons cathodiques, à l'exclusion des rayons X, transportent une charge électrique négative qu'ils cèdent aux corps qu'ils frappent. On ne peut guère concevoir ce phénomène, si on n'admet pas la présence de particules matérielles portant une quantité d'électricité négative. De plus, le champ magnétique ne dévie pas les rayons X.

Une partie des rayons de Becquerel est déviée par le champ magnétique.

M. Curie a constaté que le radium émet des rayons déviables dans le champ magnétique, analogues aux rayons cathodiques, et des rayons non déviables analogues aux rayons X.

Tous ces rayons rendent l'air conducteur de l'électricité.

M. et Mme Curie montrèrent, au commencement de 1900, que les rayons déviables étaient chargés négativement comme les rayons cathodiques.

Les rayons de Becquerel ne se réfléchissent pas, ne se réfractent pas et ne se polarisent pas.

Jusqu'ici, tous les mouvements vibratoires semblaient ne pouvoir être caractérisés sans ces trois phénomènes.

Les substances radio-actives déchargent les corps électrisés; ainsi, un électroscope chargé est déchargé par l'approche des corps radio-actifs ce déchargement se fait avec une rapidité; fonction directe de l'activité. Cette action se produit même à travers un flacon en verre.

La décharge s'effectue également en faisant frapper l'électroscope par un courant d'air passant sur des substances radio-actives.

Les rayons du radium diminuent la distance explosive, quel que soit le métal des électrodes; entre deux chemins indifférents, l'étincelle électrique produite par une bobine d'induction suivra la route du côté de laquelle sera placé le radium. Ce phénomène se produit même à une certaine distance.

Les poussières des corps radio-actifs rendent tous les objets du laboratoire radio-actifs, l'air est rendu conducteur, aucune mesure électrique de précision ne peut plus être faite, les appareils n'étant plus isolés.

D'après les mesures de M. et Mme Curie, la puissance rayonnée est de 10 millionièmes de Watt; le déplacement de matière correspondante est d'environ 1 *mmg* en 1 milliard d'années!

L'épaisseur de la couche de matière radio-active a peu d'influence pourvu qu'elle soit au moins de 1/10 *mm*.

La radio-activité a été étudiée sur les composés du thorium par M. Schmidt et en même temps par M. et Mme Curie.

De ces travaux, il résulte que la radio-activité est une propriété atomique.

Elle semble liée à la matière, qui en est douée et ne peut être détruite, ni par un changement d'état physique, ni par une transformation chimiqne. Toute matière inactive ajoutée, diminue l'activité, agissant à la fois comme matière inerte et manière absorbante.

En chauffant une pechblende dans le vide, on a obtenu des produits de sublimation très actifs, en très petite quantité. En recueillant les produits gazeux de la sublimation, on a obtenu un gaz, lequel, enfermé dans un tube de verre, agissait encore à l'extérieur comme un corps notablement radio-actif. Pendant un mois, le rayonnement issu de ce gaz, donna à M. et Mme Curie, des impressions photographiques et provoqua la décharge des corps électrisés; l'activité diminua, puis disparut. Au spectroscope, ce gaz actif montrait les raies de l'oxyde de carbone. La

pechblende contient, d'ailleurs, de l'argon et de l'hélium. Aucun de ces gaz ne sont radio-actifs. Les conditions de production de ce gaz actif et la disparition de son activité n'ont pas été encore éclaircis.

Activité induite.

M. et Mme Curie ont découvert que le zinc, l'étain, l'aluminium, le laiton, le plomb et même le papier, pouvaient prendre avec la même facilité une activité induite, qui ne disparaît qu'après un lavage à grande eau de la plaque impressionnée.

L'activité augmente avec le temps d'exposition jusqu'à une limite; en supprimant l'action radiante, l'activité décroît en tendant vers une activité nulle.

M. Debierne a obtenu des effets de radio-activité induite, très intenses, en utilisant comme substance activante l'actinium fortement actif.

Il a activé des sels de baryum en les maintenant en dissolution avec les sels d'actinium. Il a obtenu des effets maxima sur le précipité de sulfate de baryte, laissé longtemps en contact avec l'actinium. En retirant l'actinium, le baryum reste actif.

On a ainsi des sels de baryum activés.

Le baryum activé possède en partie seulement les propriétés du radium.

Le baryum activé reste actif après diverses transformations chimiques; son activité est donc une propriété atomique.

Le chlorure de baryum activé se fractionne comme le chlorure de baryum radifère, les parties les plus actives étant les moins solubles dans l'eau acidulée.

M. Debierne a ainsi obtenu un produit 1 000 fois plus actif que l'uranium métal. Le chlorure est spontanément lumineux.

Le baryum activé se distingue du radium en ce qu'il n'a pas son spectre; de plus, son activité diminue peu à peu avec le temps.

Phénomènes lumineux.

Nous avons à envisager deux sortes de phénomènes lumineux, ceux de luminiscence et ceux de fluorescence.

Examinons d'abord ce dernier phénomène en tous points analogue à celui produit par les rayons X.

Le polonium, le radium et l'actinium agissent sur les subs-

tances telles que le sulfure de zinc, sulfate d'uranyle, platinocyanure de baryum, pour les rendre fluorescents.

Cette action se produit même à travers une lame métallique.

Les alcalino-terreux et les alcalins sont également rendus fluorescents (M. Bary). M. Becquerel observa le même phénomène sur les sels d'urane, le diamant, la blende, et également sur le papier, le verre, le coton.

Quant au radium, il jouit de la propriété extrêmement curieuse d'être spontanément lumineux.

Cette luminosité ne peut être vue à la lumière du jour, mais elle se voit facilement dans une demi-obscurité.

La lumière émise peut être assez forte pour qu'on puisse lire en s'éclairant avec un peu de produit.

La lumière émise émane de toute la masse du produit; pour les corps phosphorescents ordinaires, la lumière n'émane que de la partie précédemment éclairée. A l'humidité, il y a perte d'une grande partie de la luminosité, mais elle est reprise par dessèchement.

La luminosité semble se conserver. Pour les produits facilement actifs, il ne semble pas y avoir de modification dans la luminosité, même au bout d'un an. Pour un chlorure de baryum radifère, très actif et très lumineux, la lumière change de teinte, elle devient plus violacée; en redissolvant le sel dans l'eau et en le séchant de nouveau, on obtient la luminosité primitive.

Nous avons obtenu des tubes très lumineux en mélangeant beaucoup de sulfure de zinc avec quelques centigrammes de chlorure de baryum radifère d'activité moyenne.

Effets chimiques.

Les sels radifères jouissent de propriétés chimiques très intéressantes.

Sous leur action, l'oxygène est transformé en ozone, le platinocyanure de baryum est transformé en un sel brun moins fluorescent; ce sont là des phénomènes d'oxydation. La porcelaine et le verre se colorent en violet ou en brun, sans doute sous une action analogue, la coloration violette se produisant sur les sels de manganèse du verre.

Cette coloration n'est pas superficielle, elle ne disparaît pas au lavage par les acides; c'est une action produite dans la masse. La coloration brune disparait en chauffant; elle est sans doute due

à l'action du corps radio-actif sur les sels de potassium ou de sodium. Le sel gemme se colore également, le chlorure de potassium devient bleu foncé.

Le papier est altéré et coloré. Les composés radifères semblent s'altérer avec le temps, sans doute sous l'action de leur propre radiation.

Les cristaux, qui étaient incolores, deviennent jaunes puis roses, la coloration disparait par dissolution. Le chlorure radifère dégage une odeur d'eau de Javelle, le bromure dégage du brome.

Action photographique.

L'action photographique des nouvelles substances est extrêmement rapide à petite distance. A grande distance, on peut obtenir avec le radium des radiographies après un temps de pose suffisant. On peut obtenir la radiographie d'une boite de compas, d'un porte-monnaie, en utilisant quelques centigrammes de chlorure de baryum radifère, placés dans une ampoule de verre. A **20** *cm* de distance, on pose quelques heures; à la distance de **1** *m*, il faut quelques jours, mais on a des clichés plus fins.

En faisant un mélange de quelques grammes de sulfure de zinc avec quelques centigrammes de chlorure de baryum radifère d'activité moyenne dans des tubes de verre, nous avons obtenu des radiographies assez bonnes et cela avec des poses beaucoup plus rapides, une heure et demie à deux heures environ.

Nous avons essayé de radiographier des pattes d'animaux, mais nous n'avons pu réussir à avoir autre chose qu'un contour peu défini; les tissus ne se sont pas laissés pénétrer et nous n'avons pu obtenir le squelette.

Il est à remarquer également que la plaque est entièrement voilée par l'action radio-active et qu'il est très difficile d'obtenir des contours parfaitement nets. Quand on renforce le cliché, on n'obtient pas un meilleur résultat.

Nous avions pensé utiliser les rayons émis par les substances radio-actives pour distinguer les pierres précieuses de leurs imitations, en profitant de leur plus ou moins grande facilité de pénétration; nos expériences ne nous ont pas donné jusqu'ici satisfaction.

Dans cette voie, il est possible de trouver des applications intéressantes, quand on aura trouvé un bon dispositif pour placer les corps actifs, le corps à radiographier et la plaque photographique.

Hypothèses et considérations générales.

Nous nous trouvons évidemment devant une série de phénomènes extraordinaires. Nous avons des corps spontanément lumineux, producteurs d'électricité, agissant sur les plaques photographiques, colorant le verre, et sans, pour cela, subir de transformation appréciable.

Ce corps produit une énergie et il ne semble pas l'emprunter aux sources extérieures. Il semble être lui-même producteur d'une force indéfinie. Cela paraît renverser toutes nos connaissances mécaniques, physiques et chimiques.

Nous citerons l'hypothèse suivante : M. Gustave Le Bon admet que les propriétés des corps radio-actifs sont dues à des réactions chimiques très mobiles, pouvant se faire et se défaire au sein des sels ou métaux, sous l'influence de causes très simples, par exemple de faibles variations de température.

Il montre que le sulfate de quinine, chauffé sur papier en contact d'une paroi métallique à 120° devient phosphorescent, puis s'éteint, que cette phosphorescence renaît en plaçant le papier sur une paroi froide.

Ce phénomène est accompagné de production d'électricité. M. Le Bon admet que c'est l'hydratation et la déshydratation qui produisent le phénomène. On montre également que le phosphore décharge l'électroscope.

Sur ce dernier point, nous remarquons que le phosphore rouge et que les sels de phosphore ne jouissent pas de cette propriété. Cela n'est donc pas là, comme pour les corps radio-actifs, une propriété atomique.

Les sels de radium en tubes scellés ont plutôt tendance à voir leur activité augmenter; par contre le polonium décroît peu à peu en activité.

Le froid produit par l'ébullition de l'air liquide a augmenté la luminosité du radium.

Le chlorure de radium a été fondu (vers 800°) et est resté actif et lumineux.

L'hypothèse de M. Le Bon paraît donc bien peu justifiée.

La spontanéité du rayonnement reste une énigme, un sujet d'étonnement profond.

La source de l'énergie des rayons de Becquerel, est-elle dans

les corps radio-actifs eux-mêmes ou bien à l'extérieur? On pourrait admettre que les rayons de Becquerel sont une émission secondaire, due à des rayons analogues aux rayons X traversant tout l'espace et tous les corps.

Dans le premier cas, l'énergie pourrait être empruntée au milieu ambiant sous forme de chaleur, mais c'est une hypothèse en contradiction avec le principe de Carnot.

Dans le deuxième cas, nous nous trouvons en présence de l'hypothèse balistique de sir W. Crookes et J. J. Thomson pour expliquer les propriétés des rayons cathodiques.

Il y a émission de matière pouvant traverser les corps matériels; cela ne peut être ni un gaz, ni une vapeur, ce n'est pas une molécule, mais un atome dissocié. Cela serait une forme ultime de la matière, telle que les corps pourraient en émettre indéfiniment sans perdre sensiblement de poids.

Ces particules, se conduisant comme un courant électrique, au point de vue de la déviation, prouvent qu'elles sont animées d'une extrême vitesse.

Nous nous trouvons dans un champ d'étude tout nouveau, en présence d'une forme de la matière toute différente de celle étudiée en chimie.

Cela nous conduira, peut-être dans la suite, à admettre d'une façon évidente l'unité de la matière.

Nous avons vu que la propriété des corps radio-actifs était atomique : est-ce là une propriété particulière à un certain nombre de corps? nous ne le croyons pas, et les phénomènes de radio-activité induite, quoique temporaires, semblent nous donner raison.

La cellule vivante serait peut-être une résultante de ces phénomènes inconnus.

Au point de vue physiologique, on a observé des phénomènes intéressants; le sel de radium agit sur la rétine, par application sur la tempe; l'œil fermé, on distingue une lueur.

Cela permettra d'établir d'une façon certaine la paralysie du nerf optique.

On a traité certaines plaies par l'action radio-active du radium; nous ne connaissons pas le résultat de ces essais pratiqués en Angleterre.

La peau est colorée, pour ainsi dire brûlée, par application directe; les feuilles des arbres se changent en feuilles mortes.

Les sels de radium seront peut-être employés, un jour,

pour le traitement des névralgies comme source lente d'électricité.

On a employé le radium dans l'expédition de M. Paulsen en Islande, pour prendre la tension électrique de l'atmosphère; cela remplace des appareils difficilement transportables.

On peut confectionner avec un mélange de sulfure de zinc et de radium des repers lumineux de nuit, ainsi que des cadrans de montre et de boussole.

Il est à souhaiter que les sources de productions soient plus riches et que l'extraction soit moins onéreuse.

Nous devons remercier sincèrement M. et Mme Curie des nombreux renseignements qu'ils nous ont fournis si aimablement et nous sommes heureux qu'il nous ait été permis de faire envisager à nos Collègues, à l'aide de ces travaux, un champ d'étude inconnu, qui amènera, peut-être, des découvertes, devant renouveler toutes nos conceptions sur la « Matière » et l' « Énergie ».

C'est là une étape nouvelle dans la longue histoire de la science; quand on vient d'en tourner une page, on s'aperçoit que le livre n'est pas commencé et que la vérité que l'on cherche, s'éloigne à mesure qu'on croit enfin la tenir.

Cette matière, que nous nous imaginions inerte, est en réalité vivante, envoyant dans l'espace des émanations de toute espèce, les unes lumineuses, les autres atomales, qui se combinent et modifient les milieux, agissent sur tous les êtres vivants, provoquent des sensations et, qui sait, des inspirations. N'y a-t-il pas là dans ce mystérieux inconnu, quelque chose de troublant et que notre pauvre esprit, non encore éduqué, ose à peine concevoir.

Tous les phénomènes psychiques, qui ont semblé du domaine du rêve, ne sont-ils pas une simple réalité, un effet purement dynamique. Quant à la cause, la cause éternelle inconnue que cherchent les savants et les philosophes, elle reste le mystère toujours impénétrable dont la découverte demeure l'idéal de tout ce qui pense ici-bas.

SYSTÈME

DE NETTOYAGE INSTANTANÉ ET SANS ARRÊT

DE LEUR CHAUDIÈRE A VAPEUR

PAR

MM. L. SOLIGNAC et A. GRILLE

Chacun sait quels graves ennuis entrainent les dépôts calcaires dans les chaudières à vapeur, car, laissant de côté les accidents qui sont la conséquence des incrustations, l'emploi d'eau chargée même à un degré peu élevé nécessite des arrêts, des lavages, des grattages et des piquages, opérations souvent difficiles à surveiller et entrainant toujours des chômages.

On considère que des eaux titrant 30° hydrotimétriques, dans lesquelles les carbonates de chaux entrent pour 17 à 18°, et le sulfate de chaux pour 6 à 7°, sont la limite de ce qu'on peut admettre économiquement pour l'alimentation des chaudières; au-dessus, il devient nécessaire de purifier les eaux; nous disions économiquement, car, pratiquement, on peut employer des eaux plus chargées, mais alors les nettoyages succèdent aux nettoyages, les chômages aux chômages, et enfin le rendement des chaudières baisse avec une rapidité désastreuse dès qu'une couche, même très mince, de dépôts s'est formée sur la surface vaporisatrice.

Au reste la composition des sels contenus dans les eaux a une très grande importance; si le carbonate de chaux n'est que gênant, il n'en est point de même du sulfate qui, même à une faible dose est franchement nuisible.

En effet ces deux sels ne se comportent point de même; seul, le carbonate de chaux se précipite à l'état pulvérulent et forme de la boue à la partie inférieure de la chaudière et il ne se durcit qu'à la longue par une sorte de cuisson au contact des parois chauffées.

Le sulfate, au contraire, reste plus longtemps en dissolution.

mais se cristallise facilement dès que la teneur de l'eau de la chaudière a atteint la limite de saturation correspondant à la température de l'eau contenue dans la chaudière, cette limite de saturation demandant au reste plusieurs heures pour atteindre son minimum ainsi que les remarquables expériences de M. Boyer Guillon, Ingénieur civil des Mines, faites au Conservatoire des Arts et Métiers l'ont démontré d'une manière irréfutable.

Nous n'insisterons pas plus longtemps sur ces questions connues de tous, mais si nous ne les avons abordées, c'est pour bien montrer que, aussi bien dans le cas du carbonate que dans le cas du sulfate, le tout est d'arriver à nettoyer à temps la chaudière pour éviter les incrustations. Avec le carbonate, ce temps est relativement long, au contraire, avec le sulfate il est excessivement court.

Jusqu'à ce jour, on a eu recours, pour débarrasser les chaudières des dépôts qui se formaient à l'intérieur aux extractions sous pression ; au moyen de robinets placés aux points bas, on cherche à créer des purges entraînant les boues.

Il faut bien le dire, ce moyen est un palliatif très insuffisant, quoique très coûteux ; il suffit d'avoir examiné un corps cylindrique ou un collecteur où on a pratiqué une série de purges partielles, puis une vidange définitive, pour voir qu'il s'est formé un petit entonnoir dans la boue autour de l'orifice d'extraction et c'est tout. L'action est purement locale et il ne peut en être autrement: la vitesse de translation de l'eau n'est élevée qu'auprès de cet orifice, mais nulle à une faible distance ; le même inconvénient s'est rencontré partout où l'on a essayé d'employer l'eau pour les nettoyages; dans les égouts, dans les installations sanitaires, etc., etc., on a renoncé au courant continu si rapide qu'il puisse être, pour le remplacer par la chasse brutale et rapide d'une masse d'eau précipitée d'un seul coup dans la conduite à nettoyer.

Enfin, il est à remarquer que si les purges d'eau sont inefficaces, elles sont par contre très dispendieuses dans le cas des chaudières, car on évacue de l'eau entraînant avec elle un nombre considérable de calories qui sont complètement perdues.

Nous ne nous arrêterons pas non plus aux débourbeurs, réparateurs, etc., etc., qui ne sont que des palliatifs insuffisants; en effet, ils sont basés sur le principe de la brusque insolubilité des sulfates à haute température, et comme nous l'avons dit plus haut, ce principe a été reconnu faux à la suite des expériences

de M. Boyer Guillon ; ils ne peuvent donc arrêter qu'une partie des carbonates et une très faible partie des sulfates.

Les ennuis si graves causés par les incrustations avec les chaudières à bouilleurs à faible production et à très grand volume, sont encore aggravés quand on emploie les chaudières multitubulaires et aussi quoique à un moindre degré avec des chaudières à tubes d'eau. En effet, pour nettoyer le faisceau tubulaire d'une multitubulaire, il n'y a comme ressource qu'à détuber la chaudière ; au contraire, la plupart des chaudières à tubes d'eau ont l'intérieur de leurs tubes accessibles à un outil de nettoyage d'un type approprié à la chaudière, molettes; tournantes, tarières, etc., etc.

Nous signalerons un outil qui nous a donné les meilleurs résultats pour le nettoyage de nos tubes avant l'adoption du système qui fait l'objet de cette communication : il consiste en deux petites étoiles à six branches attachées aux extrémités d'un ressort à boudin de 0,15 *m* de longueur; cet outil flexible est attaché au milieu d'un câble de fil d'acier de 5 à 6 *mm* de diamètre ; en tirant alternativement sur chaque extrémité du câble on détermine un mouvement de va-et-vient qui nettoie parfaitement le tube aussi bien dans les parties droites que dans les parties courbes. Nous indiquons ce petit outil bien simple à nos collègues auxquels il peut rendre des services dans bien des cas pour les nettoyages de tubes de chaudières, de serpentins, etc.

Frappés de l'inefficacité des purges d'eau pour les nettoyages des chaudières et sachant combien les nettoyages à la main sont souvent dans l'industrie remis de mois en mois et souvent incomplètement effectués, nous avons cherché à supprimer ces nettoyages à la main d'une manière définitive et c'est le résultat de nos recherches que nous venons vous présenter.

Nous avons commencé par substituer à la purge d'eau une chasse de vapeur à pleine pressions : nous avons été guidé, dans cette voie par cette pratique bien connue des fondeurs qui consiste à désabler les pièces sortant des châssis au moyen d'un jet de vapeur ; en outre, nous savions que plusieurs constructeurs avaient essayé de substituer à l'outil pour le détartrage des tubes, un jet de vapeur à haute pression et qu'à bord de certains navires possédant de l'air comprimé on s'en servait pour le ramonage intérieur des tubes ; mais ces procédés ne pouvaient être généralisés, car, pour introduire le jet dans les tubes, il fallait au préalable laisser refroidir la chaudière, la vidanger et par conséquent

laisser écouler un espace de temps relativement considérable pendant lequel les sels ont le temps de se prendre et de se cristalliser; enfin le jet ne peut être assez violent, car il agit sur des parois froides qui condensent la vapeur.

C'est pourquoi, tout en utilisant la vapeur, nous avons cherché à l'appliquer, sans arrêt de la chaudière et sans laisser aux sels le temps de se cristalliser par le repos; nous y sommes arrivés par un dispositif bien simple dont les schémas sont indiqués dans les figures 1 et 2; ces deux figures correspondent aux deux dispositions générales de nos chaudières.

Nous coupons au moyen d'un robinet l'arrivée d'eau dans le collecteur et nous ouvrons un robinet de vidange placé à la partie inférieure de ce collecteur. Comme l'évacuation de vapeur au réservoir d'eau et de vapeur débouche au-dessus du niveau de l'eau, on voit que nécessairement la vapeur doit parcourir le faisceau tubulaire en sens inverse de la circulation normale pour s'échapper par le robinet de vidange.

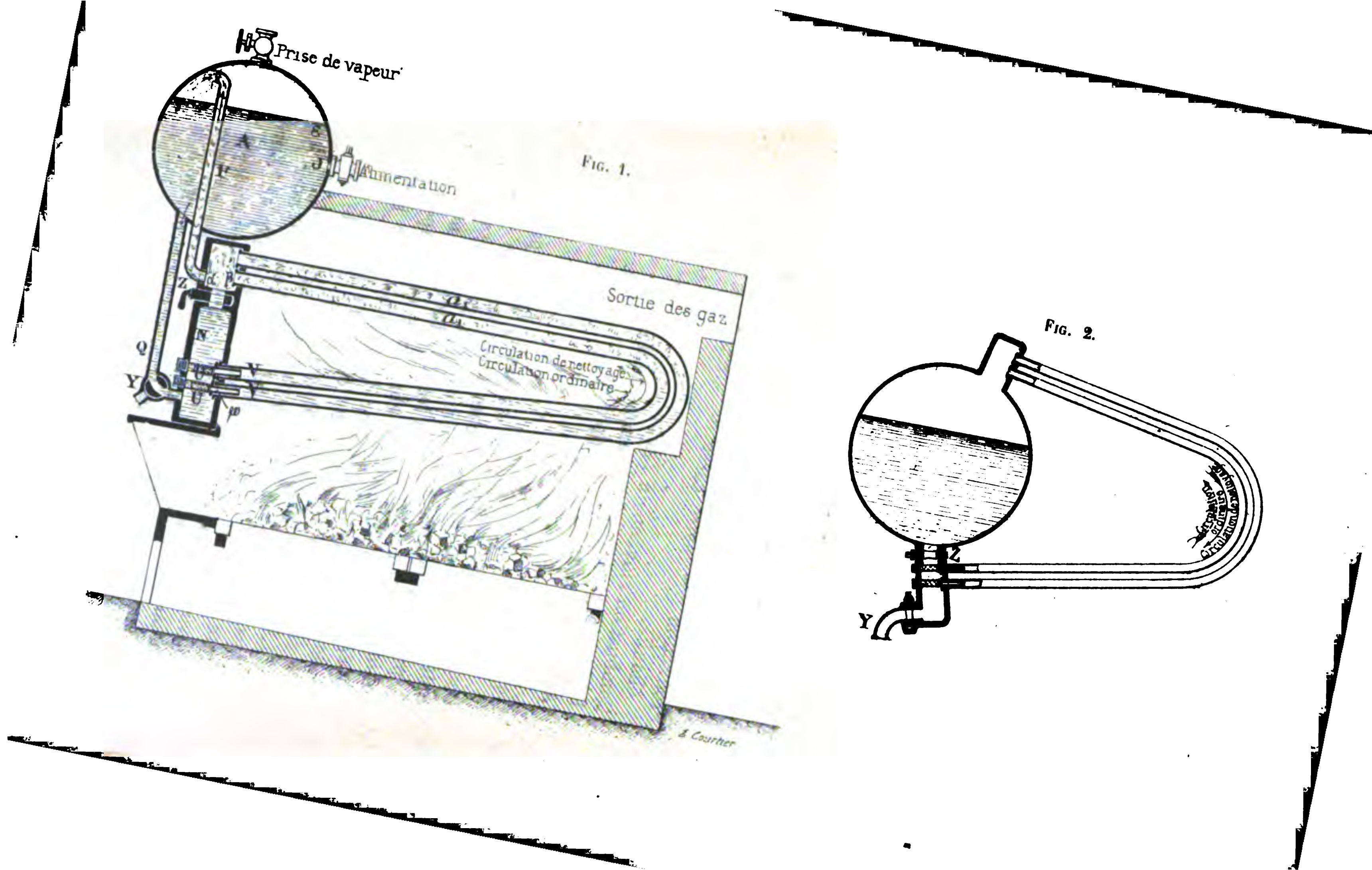
Chaque collecteur ne représentant qu'une fraction de l'appareil évaporatoire, on voit que l'opération de chasse de vapeur s'applique successivement à chaque élément, la vapeur de toute la chaudière servant au nettoyage d'un seul élément; ce qui fait que la pression ne baisse pas et que la vapeur conserve toute sa vitesse pendant la durée de l'opération; au reste, pendant qu'on purge un élément, les autres ne cessent pas de produire de la vapeur.

Chaque purge dure vingt secondes par élément; elle correspond à une dépense de 30 *l* d'eau pour un élément produisant 400 *kg* de vapeur par heure. Le volume de vapeur correspondant utilisé pour la chasse est de 3 m^3 qui doivent s'écouler par une section totale de 150 cm^2 soit, avec une vitesse de 100 *m* par seconde.

La fréquence des chasses dépend du degré d'impureté des eaux; disons, pour fixer les idées, qu'avec les eaux industrielles de Paris marquant de 26 à 29° hydrotimétriques une chasse de vapeur par semaine suffit amplement.

Encouragés par ce premier résultat obtenu sans aucune difficulté, nous avons cherché s'il ne serait pas possible de marcher avec des eaux réputées non industrielles et contenant principalement, non du carbonate de chaux, mais du sulfate de chaux et, pour rendre les résultats plus probants, nous avons accumulé les difficultés.

Comme eaux, nous avons choisi celle d'un puits situé à Mont-


Fig. 1.
Prise de vapeur
Alimentation
Sortie des gaz
Circulation de nettoyage
Circulation ordinaire
A
J
P
Z
N
Q
Y
U
V
E. Courtier
Fig. 2.
Z
Y

martre ; son titrage est de 148° hydrotimétriques et son analyse est la suivante :

	Degré hydrotimétrique par litre.	Poids en grammes par litre.
Acide carbonique.	6°	0,0300
Carbonate de chaux	2°	0,0206
Sulfate de chaux.	90°	1,260
Sulfate de magnésie	34°	0,2250
Chlorure	16°	0,1920

La chaudière que nous avons construite spécialement pour ces expériences avait les caractéristiques suivantes :

Surface de chauffe	2,50 *m*²
Diamètre des tubes (intérieur)	12 *mm*
Surface de grille.	0,20 *m*²
Contenance en eau de la chaudière. . . .	30 *l*
Production de vapeur à l'heure.	160 *kg*
Production par mètre carré de surface de chauffe.	64 *kg*
Combustion moyenne à l'heure.	20 *kg*
Rendement brut par kilogramme de charbon.	8 *kg*
Allure de combustion rapportée au mètre carré de grille	100 *kg*
Timbre.	8 *kg*

Commencés en décembre, les essais furent poursuivis d'une manière continue jusqu'au commencement de mars. Pendant les premiers temps, nous avons eu à franchir une période de tâtonnements ; en effet, dans les conditions où nous nous trouvions, le volume total de la chaudière était vaporisé en moins de douze minutes ; la teneur hydrotimétrique passait donc en une demi-heure de 148 à 320° et en une heure à 740° ; la teneur de 1,26 *g* de sulfate de chaux passait dans le même laps de temps, à 3,15 *g* et à 6,30 *g* par litre, dépassant de beaucoup la limite de la solubilité du sulfate dans l'eau ; il nous fallait donc trouver un expédient pour retarder de quelques heures, même pendant cette période de saturation, la cristallisation du sulfate de chaux de manière à diminuer les chasses de vapeur et à ne pas dépasser le nombre de deux par jour, chiffre que nous nous étions assigné.

Nous avons essayé en premier lieu l'argile; mais cette matière avait l'inconvénient de se déposer trop vite et de ne pas rester en suspension dans l'eau; nous avons alors essayé plusieurs tartrifuges sans aucun résultat appréciable; il fallait multiplier les purges sous peine de voir les dépôts se produire.

Enfin, nous avons essayé le sélénifuge qui nous a été présenté par notre collègue, M. Patrouix, en premier lieu avec un succès relatif; puis, après une série de dosages et de tâtonnements habilement conduits par M. Patrouix lui-même, nous sommes arrivés à marcher deux cents heures de suite sans aucun nettoyage ni lavage et en réduisant les chasses de vapeur à deux par jour.

Nous tenons à la disposition de nos collègues des bouts de tubes prélevés sur la chaudière; ces tubes n'ont été ni lavés, ni nettoyés et sont tels qu'ils étaient après deux cents heures de marche.

En somme voici le résumé de nos trois mois de marche avec cette chaudière d'expériences:

Marche avec l'eau de Montmartre sans aucune chasse de vapeur: Entartrage au bout de six heures.

Marche avec chasses de vapeur toutes les heures: Entartrage au bout de vingt-six heures.

Marche avec 400 *g* de sélénifuge par mètre cube d'eau avec chasse de vapeur une fois par jour: Marche indéfinie et sans arrêt et sans entartrage.

En rapportant ces résultats à une de nos chaudières industrielles, on voit que sans chasses de vapeur il fallait, avec ces eaux, un nettoyage à l'outil tous les trois jours; avec les chasses de vapeur un nettoyage à l'outil tous les dix jours et enfin en utilisant les facultés retardatrices du sélénifuge, suppression absolue de l'entartrage avec une seule chasse par jour.

Les essais suivis que nous avons faits nous ont bien montré qu'il s'agissait bien d'une action retardatrice, limitée comme durée, car, si l'on venait à laisser la chaudière se refroidir avant de faire les chasses de vapeur, les dépôts se trouvaient adhérents le lendemain.

Nous avons voulu pousser les essais encore plus loin, voir si on ne pourrait pas marcher à l'eau de mer dans les conditions générales de la navigation et nous avons marché avec une eau dont le dosage correspondait à une marche avec condenseur à

surface et réparations des pertes à l'eau de mer, dans les proportions de 400 *g* de réparation par cheval et par heure ce qui est un maximum.

En résumé, nous venons vous soumettre les résultats d'expériences suivies qui établissent d'une manière pratique qu'on peut se débarrasser des sulfates et supprimer la formation du tartre dans les chaudières, quelle que soit la teneur des eaux en sels et même en sulfate de chaux, à la condition de ne pas laisser les sels en dépôt trop longtemps en présence des parois et surtout de les expulser avant le refroidissement de la chaudière ; enfin, nous signalons que la chasse de vapeur peut seule arriver à nettoyer les surfaces vaporisatrices couvertes de dépôts en formation.

Nous pensons que les résultats que nous venons de donner sont de nature à intéresser les industriels, car ils permettent de supprimer les chômages pour nettoyage des chaudières, l'abaissement du rendement que produisent fatalement les dépôts même très minces sur les parois vaporisantes, et enfin avec l'emploi d'un tartrifuge approprié, d'utiliser industriellement des eaux réputées inutilisables, et on ne saurait trop insister sur ce résultat, car bien des régions de l'Afrique, de l'Asie et même de l'Europe sont presque fermées à l'emploi de machines à vapeur par suite des teneurs énormes en sulfate de chaux des eaux qu'elles renferment.

NOTES

SUR

QUELQUES MODIFICATIONS APPORTÉES DANS CES DERNIÈRES ANNÉES

AU

FOUR MARTIN

PAR

M. Ch. CLAUSEL DE COUSSERGUES

Durant ces dernières années : d'une part, en partie sous l'impulsion de la dernière crise métallurgique, qui a poussé à chercher le prix de revient le plus bas possible, en partie sous celle des années de vaches grasses pendant lesquelles on cherchait à augmenter la production, d'autre part vu l'entrée en ligne des aciers spéciaux et les marches tous les jours plus étroites laissées par les contrôles, le four Martin a subi de profondes modifications de principe qui se traduisent par une allure fort différente de celle des anciens fours.

Il y a dix ans encore un four Martin qui produisait 25 à 30 *t* par 24 heures avec une mise aux 0/00 en houille de 350 *kg*, four qui surtout en marche basique atteignait rarement 300 coulées et n'avait une marche satisfaisante que pendant la première partie de sa campagne, était un four digne d'attirer l'attention des visiteurs; aujourd'hui on rencontre couramment des fours produisant 60 à 100 *t* par 24 heures, avec une mise aux 0/00 *kg* en houille de 200 à 250 *kg*, marchant pendant 600 coulées et jusqu'à la dernière coulée d'une souplesse dans la main du fondeur inconnue autrefois.

Ajoutons qu'en même temps que la production par four augmentait, le prix de revient baissait dans des conditions telles que des usines n'ayant besoin que d'une centaine de mille tonnes d'acier par an discutent le meilleur choix à faire entre une petite installation Bessmer et une installation Martin, et diverses usines américaines ont déjà remplacé leurs cornues Bessmer par des fours Martin.

Deux écoles, dirais-je, si ce mot n'était pas bien gros pour un

point si spécial de la métallurgie, se sont formées autour du four Martin; d'une part les Anglais et les Américains, qui ont surtout l'habitude de la marche acide avec des matières premières de qualité constante, tendent à augmenter la capacité de leurs fours; d'autre part les Allemands et une partie des usines françaises ont principalement cherché à augmenter le nombre des coulées par jour d'un même four; ces usines traitent en général des matières premières de qualité fort variable, et adoptent de préférence le revêtement basique.

Je m'en tiendrai dans cette note aux modifications apportées à ce dernier type de four qui est celui de la plupart de nos usines françaises et je laisserai de côté les grands fours anglais et américains et principalement les nouveaux fours oscillants dont aucun type n'est actuellement en service sur le continent.

Pour passer en revue les modifications apportées aux diverses parties des fours avant que d'aborder les changements que ces modifications ont permis d'adopter dans leur conduite nous parlerons successivement :

1° Des générateurs de gaz;

2° Des empilages ou régénérateurs et des conduits;

4° Du laboratoire et de la superstructure du four.

Générateurs.

Aujourd'hui comme autrefois on continue à rechercher un gazogène produisant toujours un gaz abondant et riche; quels que soient les sacrifices économiques que l'on est obligé de faire pour arriver à ce résultat la pratique a montré que c'est à ce prix que l'on peut espérer une diminution sur le coût du chauffage; aujourd'hui on désire en outre un appareil souple dont le fondeur puisse à volonté augmenter ou diminuer le débit dans une large proportion.

Il faut également que la production du gaz soit indépendante de l'état du four; si le four déjà usé offre quelque obstruction, la pression au générateur doit pouvoir être légèrement augmentée pour que l'obstruction n'influe pas sur l'arrivée dans le four.

Pour obtenir du gaz riche on emploie généralement le charbon de la teneur la plus élevée en matières volatiles de ceux dont dispose l'usine, ceci quelle que soit la majoration de prix que demande la mine.

Depuis plusieurs années on recherche les allures chaudes qui

réalisent un plus grand pourcentage en oxyde de carbone par rapport à l'acide carbonique, et pour obtenir ces allures vives on a tendance à abandonner les grandes surfaces de grilles malgré l'augmentation de travail et de difficultés qui en résulte pour les ouvriers gaziers.

A l'appui de l'avantage des allures chaudes, je citerai les expériences de Stöckman qui avec la même houille et deux gazogènes identiques a trouvé les compositions chimiques suivantes avec chacune des deux allures.

	Allure chaude.	Allure froide.
Oxyde de carbone	21,73	16,56
Ethylène	2,95	1,32
Methane	0,58	1,29
Hydrogène	0,47	0,27
Acide carbonique	7,41	12,14
Azote	66,86	68,42
	100	100

Le calcul indique que 1 *kg* de gaz produit en allure chaude dégage 1 066 calories, tandis que 1 *kg* de celui produit en allure froide ne dégage que 775 calories.

La pratique des usines confirme ces expériences.

Outre la température élevée, beaucoup d'usines recherchent avec juste raison la production d'une certaine quantité de gaz à l'eau et pour ce envoient sous la grille soit de l'eau, soit de la vapeur.

L'accélération d'allure des gazogènes et l'emploi de la vapeur, ont généralisé l'habitude du soufflage des grilles.

Grâce à ce soufflage il a été possible d'augmenter la quantité de houille brulée par mètre carré de surface de grille et de fermer les cendriers pour y envoyer la vapeur; la production du gaz s'en est trouvée plus abondante et variable à la volonté du fondeur.

Tous ceux en effet qui ont eu à conduire dés gazogènes savent les inconvénients graves qui résultent pour l'allure d'un gazogène d'une variation importante dans la pression de la conduite de gaz. En réduisant d'une proportion notable, au moyen de la valve à gaz, l'arrivée dans le four on étouffait les anciens gazogènes à tirage naturel et il fallait souvent plusieurs heures pour les remettre en allure; aussi réglait-on l'allure d'un four de

façon à obtenir la quantité de gaz nécessaire pour la période finale de l'opération, quantité de gaz trop faible avec les marches actuelles pour la période de fusion, et on agissait fort peu sur la valve de réglage. Avec les gazogènes soufflés on peut sans inconvénient agir sur l'arrivée d'air dans le cendrier et avec certains types faire brusquement varier la production des deux tiers.

Pour réaliser ces desiderata on s'est contenté dans les vieilles installations, de fermer le cendrier et de souffler les grilles soit au moyen du vent fourni par une machine soufflante ou un ventilateur, soit au moyen de souffleurs à vapeur qui ont l'avantage d'introduire en même temps l'air soufflé et la vapeur d'eau.

L'appareil de réglage de l'air soufflé ou de la vapeur alimentant les kœrtings est généralement situé à portée du fondeur qui agit dès lors sur l'admission sous les grilles et non plus sur la valve à gaz ; avec un gazogène Siemens soufflé on peut ainsi en fort peu de temps faire varier la consommation d'une grille de 1 000 à 1 500 *kg* par mètre carré et par 24 heures, mais déjà avec ce maximum de production la qualité du travail des grilles laisse beaucoup à désirer, surtout avec des charbons donnant des crayats.

Il est difficile en outre de dépasser sous les grilles une pression de 30 *mm* d'eau sans que leur bonne tenue laisse à désirer et qu'il ne se produise quelque cheminée.

Dans les vieilles installations on a pu néanmoins par ce procédé obtenir un gaz abondant de production à peu près variable à la volonté du fondeur et dont la composition chimique décèle une puissance calorifique plus élevée que celles des gazogènes à tirage naturel, principalement du fait de la grande quantité d'hydrogène contenue dans ces gaz, quantité qui peut, dit-on atteindre 10 0/0.

Dans les installations nouvelles, surtout pour les fours produisant au moins 60 *t* d'acier par 24 heures, on trouve aujourd'hui les gazogènes Siemens remplacés par des gazogènes ronds à cuve de 2 *m* environ de diamètre intérieur et de 3,500 *m* à 4 *m* de hauteur totale.

Ces appareils, dont l'apparition a eu lieu il y a déjà plus de quinze ans, se sont fort répandus dans ces dernières années vu la facilité de travail et de surveillance que leur forme circulaire offre aux ouvriers gaziers ; avec eux on a pu augmenter la hauteur de la couche de houille et grâce à cela éviter les cheminées malgré des allures excessivement vives.

On a pu avec ces gazogènes faire varier sans inconvénient et presque instantanément la consommation de houille en 24 heures de 1 000 à 3 000 *kg* par mètre carré de section.

Tous ces gazogènes sont à peu près du même type : cylindriques avec une seule boîte de chargement dans l'axe ; seule leur partie inférieure varie suivant la nature des charbons de chaque région.

En Angleterre, avec des petits crayats qui s'agglomèrent peu, on a pu aborder le décrassage continu à travers un joint hydraulique ; ailleurs, avec des crayats résistants, on a adopté le gazogène Wilson où le décrassage se fait au moyen de portes sous la protection d'une voûte de machefer ou de fausses grilles qui maintiennent le combustible au dessus de la grande tuyère pendant toute la durée du décrassage ; enfin les régions allemandes qui emploient des charbons à gaz à cendres pulvérulentes ont gardé dans leurs gazogènes circulaires la grille soit plate, soit à gradins.

D'une façon générale, ces gazogènes ont l'avantage d'occuper beaucoup moins de place que les gazogènes Siemens.

Deux dispositions qui avaient été esssayées ont seules été abandonnées d'une façon à peu près générale : l'évacuation des cendres par fusion et le soufflage des gazogènes sans grille au moyen de deux ou trois petites tuyères analogues à des tuyères de cubilot. Cette dernière disposition rendait trop inégale la descente du combustible et favorisait la formation de cheminées.

Le plus généralement les gazogènes à cuves étaient soufflés par des kœrtings; il en est résulté certains mécomptes. Lorsque la vapeur n'était pas parfaitement sèche et les kœrtings bien réglés, la quantité de vapeur injectée dans le cendrier était trop grande et venait éteindre le gazogène.

La quantité de vapeur consommée par les souffleurs est en général, au bout de quelques jours de marche, beaucoup au-dessus du chiffre fourni par les constructeurs ; en outre dès que la vapeur est humide le rendement du souffleur baisse sensiblement.

Même avec des souffleurs à jet de vapeur annulaire, souffleurs qui réalisent un progrès sur les kœrtings et de la vapeur prise directement à la chaudière, nous avons relevé sous un gazogène soufflant à une vingtaine de millimètres, une consommation de vapeur à 6 *kg* de 0,30 *kg* par kilogramme de houille gazéifiée ce qui est énorme mais peut encore être accepté.

Actuellement on a tendance à augmenter les pressions au pied des gazogènes pour atteindre et dépasser des pressions de 200 *mm*

d'eau; la consommation de vapeur par mètre cube d'air augmenterait considérablement et on est obligé de renoncer aux souffleurs pour revenir aux ventilateurs quitte à envoyer de la vapeur dans le vent soufflé.

Des installations toute récentes comportent le chauffage préalable de l'air et l'emploi de vapeur surchauffée dans le but d'augmenter la production de gaz à l'eau; l'avenir nous dira si les avantages qui en résultent justifient les complications de ces nouveaux appareils.

Dans la plupart des usines, la partie supérieure de ces gazogènes est à température suffisamment élevée, pour que la décomposition de la houille grasse qui vient tomber directement sur toute la surface du gazogène soit instantanée; il en résulte une assez grande irrégularité dans le débit du gaz. Certaines usines, principalement les usines anglaises y ont remédié par l'emploi de chargeurs mécaniques qui alimentent le gazogène d'une façon à peu près constante.

Outre les améliorations faites dans les gazogènes, dans beaucoup d'usines la surveillance intelligente de ces appareils s'est considérablement accrue par l'usage de fréquentes analyses, soit en opérant inopinément des prises de gaz, soit en prélevant des prises moyennes pendant toute la durée d'une journée ou d'une coulée par exemple.

Régénérateurs et conduites de gaz.

A la sortie des gazogènes le gaz a à traverser des organes fort divers suivant les usines.

Dans les anciennes installations on retrouve encore le simple registre pour isoler chaque gazogène, la chambre à suie entièrement en maçonnerie et l'appareil de renversement à valves.

Aujourd'hui le plus généralement on admet que le gaz ne doit circuler que dans des maçonneries réfractaires, blindées ou profondément enterrées dans le sol, et l'on cherche à perfectionner les appareils d'obturation et de renversement; aussi trouvons-nous presque autant de types d'appareils que d'usines.

Pour l'isolement de chaque gazogène on rencontre surtout la soupape à l'entrée du collecteur à gaz.

Dans certaines usines, principalement les usines allemandes, on trouve parfois une disposition qui consiste à placer à la sortie des gazogènes un coude métallique mobile au moyen duquel on

peut soit relier le gazogène au collecteur ou à la cheminée, soit l'isoler complètement en soulevant le coude; des tampons viennent fermer les orifices laissés à découvert.

Les collecteurs de gaz sont généralement placés le plus près possible des générateurs et sont constitués par de gros tuyaux cylindriques garnis intérieurement de briques réfractaires.

Les usines anglaises dans lesquelles les wagons de matières premières arrivent souvent sur la plate-forme des fours, ont leur parc de fonte et ferrailles de dimensions fort restreintes du reste placé entre les gazogènes et les fours: les gaz soit avant que d'arriver dans le gazogène, soit après, franchissent cet espace au moyen de conduits aériens blindés qui rappellent l'ancien syphon Siemens; cette disposition n'est pas usitée sur le continent où l'on cherche à rapprocher le plus possible les gazogènes des empilages.

Le type du bon appareil de renversement ne paraît pas encore trouvé: là où les gaz ne sont pas trop chauds, on est satisfait de l'emploi de la cloche pour le gaz et de la valve pour l'air.

Ailleurs, avec des gaz chauds, on emploie un jeu de soupape diversement agencé suivant les usines mais qui ont en général l'avantage de permettre un réglage indépendant des gaz de l'air et des produits de la combustion pour chacune des 4 chambres d'empilage.

En Autriche on trouve encore un appareil de renversement analogue à un tiroir de distribution d'une machine à vapeur. Cet appareil fonctionne bien paraît-il, mais exige pour son fonctionnement une canalisation d'eau sous pression.

Là où l'appareil de renversement ne règle pas lui-même l'entrée et la sortie de chaque chambre, on a installé indépendamment des soupapes d'admission d'air et de gaz des volets sur les cloches ou des registres genre Schonvœlder qui permettent du moins de répartir les produits de la combustion entre les chambres à gaz et les chambres à air.

La disposition des empilages n'offre rien de bien nouveau.

Je ne parlerai pas ici du four Schonvœlder qui a été souvent décrit et qui paraît assez estimé en Allemagne; dans les autres fours on peut seulement relever la tendance tous les jours plus grande à blinder en tôle tout le massif des générateurs afin de diminuer les rentrées d'air à travers les parois en briques.

Le volume des chambres à air a tendance à être un peu plus grand qu'il y a dix ans sans que la différence soit très appré-

ciable. Celui des chambres à gaz, en revanche, par rapport à celui des chambre à air, a plutôt diminué en France et augmenté en Allemagne.

Dans beaucoup d'usines françaises, le volume des chambres à gaz est les 2/3 de celui des chambres à air, tandis qu'en Allemagne les deux chambres sont égales.

Il est certain que la majeure partie des produits de la combustion passe par les chambres à air dans les usines du moins où l'on peut régler la quantité de gaz brûlé envoyé dans l'une ou l'autre chambre, ce qui semblerait justifier une chambre à gaz plus petite que la chambre à air; mais, d'autre part, le bas des chambres à air est complètement refroidi par l'arrivée de l'air froid et l'enlèvement des dernières calories des produits de la combustion s'y fait dans de meilleures conditions que dans les chambres à gaz où la température la plus basse est celle des gaz venant du générateur, soit souvent 500°. D'autre part, les chambres à gaz sont sujettes à beaucoup plus d'obstructions que les chambres à air et il est logique de leur prévoir un excédent de dimensions.

Il est à remarquer du reste que les usines allemandes qui donnent les plus grandes dimensions à leurs chambres à gaz, sont celles qui attachent le moins d'importance à l'établissement de bonnes chambres à crasses ou sacs à poussières, souvent même elles les spppriment complètement pour l'air et les remplacent, pour le gaz, par de simples puits ménagés parmi les briques mêmes des empilages.

Ces usines ont généralement de très longs brûleurs à gaz grâce auxquels l'entraînement des laitiers dans les chambres est très faible; malgré cela, il ne nous semble pas que la chambre à crasse soit un organe à supprimer, car bien établie, non seulement elle recueille les crasses, mais elle assure la bonne répartition du gaz sur toute la surface de l'empilage.

Les conduites qui amènent les gaz et l'air des empilages à l'entrée des brûleurs n'offrent, en général, rien de remarquable; on cherche à leur donner la plus grande section compatible avec la disposition des maçonneries et, en tous cas, une section notablement plus grande que celle des brûleurs.

Dans les nouveaux fours, ces conduits sont situés dans deux plans parallèles, ce qui diminue les chances de communication et permet d'allonger les brûleurs à gaz.

Souvent le mur arrière des montées de gaz est en prolonge-

ment du mur avant des montées d'air, mais souvent aussi on trouve les montées de gaz complètement sorties du massif des têtes de fours.

Ajoutons, pour terminer ce qui est relatif aux régénérateurs et aux conduites, que l'on a tendance à augmenter la hauteur totale du four.

On trouve couramment aujourd'hui des fours dont les têtes se trouvent à 10, 12 *m* et davantage du radier des empilages, ce qui assure à l'air, à son arrivée dans les brûleurs, une pression qui peut atteindre 3 à 5 *mm* d'eau dans certains fours.

Laboratoire et superstructure du four.

Ce qui caractérise les superstructures des nouveaux fours Martin sont certainement les grandes proportions adoptées pour les brûleurs, principalement les brûleurs à gaz, et les faibles sections données à ces mêmes brûleurs à gaz.

Dans les nouveaux fours, ces brûleurs, dont la longueur il y a quelques années variait entre 0,600 *m* et 1 *m*, atteignent aujourd'hui jusqu'à 3 *m* et 3,50 *m* ; avec les fours souflés, leur section en revanche a diminué de près de moitié.

La vitesse de passage des gaz dans les brûleurs est très grande ainsi, le laboratoire étant en équilibre de pression avec l'atmosphère, on a à la partie supérieure des montées de gaz des pressions qui varient de 4 *mm* à 9 *mm* d'eau, ce qui dénote une grande vitesse d'entrée des gaz dans le four.

Les brûleurs à air sont généralement plus courts que les brûleurs à gaz; c'est à peu près la seule donnée générale que l'on puisse retirer de l'examen d'un certain nombre de fours construits ou modifiés ces dernières années.

Pour ce qui est de la disposition des brûleurs, il ne semble pas que l'on se soit encore rallié à une disposition uniforme.

Sur le continent, du moins, on semble renoncer aux brûleurs juxtaposés et parallèles et adopter, de préférence, la disposition de un ou deux brûleurs à gaz par tête de four surmontés générolement de un, parfois de deux brûleurs à air. Cette disposition permet d'utiliser la différence de densité due à la différence de température qui existe entre l'air et le gaz dans les fours à allure vive et facilite le maintien du gaz à distance respectueuse de la voûte.

Le plus généralement les brûleurs à gaz ont une inclinaison

voisine de 5°; pourtant quelques ingénieurs allemands adoptent dans leurs fours les plus récents une inclinaison voisine de 20°.

L'inclinaison des brûleurs à air semble avoir une tendance à s'augmenter; en général, elle varie entre 35 et 50° pour être le plus souvent de 40 à 45°, ce qui est l'inclinaison la plus forte possible sans un appareillage spécial de briques.

On retrouve quelques fours qui ont gardé les brûleurs à air inclinés à 90°, type Batho et Creusot.

Une tendance assez marquée est celle d'augmenter le rapport admis entre les sections des brûleurs à air et celles des brûleurs à gaz.

Autrefois de $\frac{1}{1}$, ce rapport était indiqué en 1894 par M. Ledebur comme oscillant entre $\frac{4}{3}$ et $\frac{6}{5}$; aujourd'hui, on le trouve généralement porté à $\frac{2}{1}$ et certains fours allemands marchant sous forte pression ont un rapport égal à $\frac{3}{1}$.

C'est la conséquence logique de la forte pression admise pour les gaz et de la longueur des brûleurs à gaz, longueur qui permet d'avoir, même dans un four usé, un gaz abondant bien dirigé, à très haute température, animé d'une grande vitesse et venant s'étaler en couche mince sur la surface du bain; dans ces conditions, pour faire arriver la quantité d'air nécessaire à la combustion sans changer le rapport entre les sections des brûleurs, il était nécessaire de souffler l'air, ce qui a été essayé; mais alors la zone de combustion avait tendance à se raccourcir et à s'élargir, il se produisait des tourbillonnements d'une flamme très chaude, au grand détriment des parois du laboratoire, et l'appel de la cheminée se trouvait trop faible pour l'évacuation des produits de la combustion par une somme d'orifices aussi petite que celle qu'offraient les brûleurs à gaz et les brûleurs à air du côté de l'échappement, une partie des gaz refoulait par les portes, au grand détriment du personnel et de la bonne tenue du four.

Avec les grandes sections des brûleurs à air, au contraire, l'air, animé d'une vitesse relativement faible, ne vient pas briser la veine de gaz; il a simplement pour effet de l'étaler et de l'empêcher de remonter par reflextion contre la voûte après qu'elle ait rencontré le bain.

Pendant la période de fusion, la combustion du gaz est assurée

par le remous que produit le coup de chalumeau contre les tas de ferrailles; pendant la période d'affinage, alors que la quantité de gaz est fortement diminuée et s'étale en couche mince sur la majeure partie du bain, la combustion est assurée par la différence de densité et de vitesse de l'air et du gaz; elle est, en outre, favorisée par la haute température qui règne dans la zone de combustion.

On arrive ainsi à éloigner la zone de combustion intense aussi bien des têtes du four que des pieds droits.

La majeure partie des gaz brûlés s'évacue par les récupérateurs à air qui, malgré la différence de température admise entre l'air et le gaz, ont besoin d'être plus chauffés que les chambres à gaz puisqu'ils reçoivent de l'air froid, alors que le gaz a, en moyenne, une température de 500 à 600° à la sortie des générateurs, ce qui fait plus que compenser l'excès de température que le gaz doit avoir sur l'air à l'entrée dans le laboratoire.

J'ajouterai peu de choses sur le laboratoire des fours.

On continue à adopter les voûtes cylindriques ou relevées en coupole et à abandonner la voûte inclinée sur le bain.

Dans les fours marchant à pression moyenne, on avait fait avancer dans le laboratoire le nez formé par la rencontre de la voûte des brûleurs à air et de celle du four; on formait ainsi une espèce de chambre de combustion ayant facilement jusqu'à 0,50 *m* de longueur lorsque le four était neuf et 1,50 *m* lorsque les brûleurs avaient quelques mois de service.

Le résultat de ces chambres était très efficace.

Avec les fours marchant à très forte pression, il semble que cette chambre de combustion aurait dû être très longue pour être de quelque service et que l'on y ait renoncé.

Les soles, comme je le disais au début de cette note, sont généralement basiques sur le continent; en dehors des endroits exposés au bain, où la silice est remplacée aujourd'hui par la dolomie, la magnésie ou le chrome, on a, en outre, tendance à la remplacer par la magnésie ou le chrome dans les endroits exposés soit aux coups de feu, soit au passage des gaz chargés de matières basiques (défenses des brûleurs, radier des brûleurs à gaz, coup de feu des montées).

Il n'est guère possible de trouver une règle générale pour la longueur des soles de four, longueur excessivement variable d'une usine à l'autre; tout ce que l'on peut dire, c'est que l'on rencontre plus souvent des soles trop courtes que des soles trop

longues; aussi voit-on une tendance à augmenter le rapport entre la longueur et la largeur de la sole du chiffre 2, qui avait longtemps été regardé comme un maximum ; ce rapport atteint parfois 3 ; mais alors on est forcé de donner au bain une forte épaisseur au trou de coulée, ou il faut se résigner à avoir une sole très plate et de là d'un entretien délicat.

Du reste, avec les longs brûleurs à gaz et les rampes des brûleurs à air plongeant sur le four, on peut user les têtes du four de presque toute la longueur des brûleurs à air, sans que ce soit une cause d'arrêt pour le four ; aussi, même avec un four un peu court, si les autres parties du four, et notamment les pieds droits et la voûte, sont à l'abri d'une usure trop rapide, on peut facilement faire une campagne de 500 coulées environ.

Conduite des fours à allure rapide.

Avec les perfectionnements apportés depuis dix ans aux fours Martin, il a été possible, dans les fours basiques du continent, de diminuer la durée des opérations, le déchet, la mise aux 0/00 *kg* en houille, le coût de la main-d'œuvre et, enfin, d'aborder dans les fours basiques les fortes additions de silicium et de chrome.

Ajoutons, en outre, que ces installations rendent possible le développement des installations mécaniques dans les ateliers de fours Martin.

Le temps gagné par opération l'est à peu près entièrement sur la période de fusion.

Pendant le chargement et la fusion, le fondeur peut, en effet, forcer l'allure de son four sans avoir à craindre, ni, vu les matières solides qui remplissent le four, d'y voir la température s'y élever à un point dangereux pour la bonne tenue des briques, ni, vu l'excès de puissance de chauffage qu'il aura toujours à sa disposition, de voir les régénérateurs se refroidir outre mesure ; il devra, au contraire, chercher à les refroidir le plus possible pour être sûr que son four ne s'emballera pas sur la fin de l'opération.

Une fois la fusion achevée, au contraire, il y aura lieu de reprendre une allure plus lente pour ne pas fatiguer les briques du laboratoire par une allure qui deviendrait excessive et pour laisser aux réactions chimiques le temps de s'opérer complètement.

Le déchet, pour celles du moins des usines qui ne recherchent pas certains produits tout à fait spéciaux, est diminué en même

temps que le pourcentage de l'oxyde de fer dans les laitiers. Avec la haute température dont on dispose constamment, il est, en effet, possible de marcher avec des laitiers plus réfractaires, ne contenant pas plus de 6 0/0 de fer, tandis que ceux des fours à tirage naturel, sous peine de ne pas être suffisamment fluides lorsque le four ne chauffait pas très bien, contenaient parfois jusqu'à 10 et 13 0/0.

Ajoutons, en outre, que le temps pendant lequel le bain reste exposé à l'action de la flamme étant fortement réduit, l'oxydation du bain est diminuée d'autant et que, dès lors, la diminution de la teneur des laitiers en fer n'entraine pas une augmentation de pourcentage de fonte dans la charge.

L'économie de la mise aux 0/00 *kg* en houille provient, comme nous le disions ci-dessus, de l'emploi d'un gaz à grande puissance calorifique, arrivant sous forte pression dans le laboratoire, de la bonne récupération et, comme dans toute opération métallurgique, de l'accélération d'allure, d'où il résulte toujours a diminution d'une foule de pertes de chaleur, parasites des opérations de chauffage, tel que le refroidissement par rayonnement, etc.

C'est également un peu du seul fait de l'accélération d'allure que le coût de la main-d'œuvre a diminué; c'est surtout vrai pour les frais généraux de l'atelier et l'est en partie pour le reste de la main-d'œuvre.

Les équipes des fosses sont à peu près réglées par le nombre d'hommes nécessaires pendant la coulée; avec des coulées très fréquentes il y a seulement nécessité de disposer d'engins de levage très rapides : grues roulantes et ponts électriques à grande vitesse, ce qui a fait renoncer presque partout aux grues hydrauliques fixes, mais l'on a fort peu augmenté le nombre d'ouvriers.

Sur la plate-forme du four, le travail devient beaucoup plus actif; il a été possible de décharger le fondeur et ses aides de divers travaux de roulage ou autres travaux analogues et de faire exécuter ces derniers par de simples manœuvres payés moins cher que les hommes travaillant au feu.

Ajoutons en outre que pour le même tonnage le travail d'un atelier de fours Martin se trouvant beaucoup plus condensé avec un peu d'ordre et de discipline, il a été possible de diminuer un grand nombre de frais accessoires tels que ceux de roulage, balayage d'atelier, etc.

Un des derniers avantages des fours à grande vitesse et à haute température a été la possibilité d'y fabriquer presque tous les aciers spéciaux dont l'usage se répand de plus en plus aujourd'hui.

Avec des laitiers très fluides, qui ne sont presque qu'un silicate double de chaux et de magnésie et un bain bien desoxydé, on peut aborder l'addition dans le four de métaux excessivement oxydables tels que le Si et le Cr, avec une utilisation qui varie de 0,70 à 0,85 suivant la marche adoptée pour l'opération.

S'il n'est pas présomptueux de parler de l'avenir je dirais qu'il y a lieu de prévoir que la grande production des fours Martin actuels, condensant la manutention de gros tonnages journaliers dans un espace relativement restreint, aura pour effet de développer considérablement les installations mécaniques qui, dans les anciens fours Martin, se bornaient à peu près uniquement aux grues de service à la fosse de coulée.

Aujourd'hui déjà, beaucoup de chariots de coulée sont mus mécaniquement; le soufflage des grilles a amené l'installation dans l'aciérie de souffleurs ou de ventilateurs à haute pression.

Tous les métallurgistes se préoccupent des chargeurs mécaniques avec lesquels on peut espérer voir diminuer le temps du chargement et le refroidissement qui en résulte pour le four et augmenter ainsi la production tout en diminuant le coût du combustible et de la main-d'œuvre.

Il est à prévoir, en outre, que le développement des manutentions mécaniques de ferrailles, ainsi que celui des manutentions et des chargements mécaniques de houille, se poursuivra également.

Ajoutons pour terminer que l'emploi de four à grand nombre de coulées et à marche très régulière rend possible, pour les usines ne possédant qu'un petit nombre de fours, l'alimentation des laminoirs en lingots chauds, ce qui, il y a quelques années, était l'apanage des aciéries Bessmer ou des grandes aciéries Martin d'Angleterre ou des États-Unis.

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES

DE

M. Edouard BADOIS

PAR

M. Ch. BAUDRY

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

La mort est impitoyable. Après avoir frappé notre ami Badois dans ses plus chères affections, elle vient de l'enlever lui-même à un âge où sa robuste constitution lui promettait encore de nombreuses années d'activité, et dans un moment où sa direction et sa protection paternelles étaient plus utiles que jamais aux enfants qui le pleurent. Ses amis de la Société des Ingénieurs Civils de France s'associent de tout cœur à la douleur de sa famille, et le Président de 1901, qui fut son collègue à la Vice-Présidence pendant les deux dernières années, vient ici, tant en son nom personnel qu'en celui de la Société, rendre un public hommage au Collègue dont une longue collaboration lui a permis d'apprécier les grandes qualités.

Edmond Badois avait à peine vingt ans quand il sortit de l'École Centrale, en 1860. Il fut assez heureux pour commencer sa carrière sous les auspices de M. Mary, professeur à l'École Centrale, dont il fut le Secrétaire. Sous la direction de cet Ingénieur éminent, il participa à l'étude de plusieurs élévations et distributions d'eau, entre autres celles de Bourges et de Lisbonne.

De 1861 à 1865, Badois compléta, par la pratique des chantiers et des ateliers, les connaissances théoriques qu'il avait acquises à l'École Centrale et chez M. Mary. Il le fit d'abord comme agent réceptionnaire du chemin de fer de Madrid à Saragosse et Alicante, pour les locomotives et le matériel que ce chemin de fer faisait construire au Creusot et dans les usines de la Loire. Puis, en 1864 il fut envoyé en Égypte par la Compagnie du Canal de Suez, et chargé comme chef de section d'un chantier de dragage, où il prit l'initiative de l'emploi des longs couloirs, avec addition d'eau

pour le déversement direct des déblais sur les berges ; idée féconde qui fut reprise plus tard et appliquée en grand par l'entreprise Borel et Lavalley.

Revenu en France, Badois dirigea jusqu'en 1868 plusieurs chantiers de l'entreprise Castor et Hersent. Puis, de 1869 à 1875, il fut fondé de pouvoirs de M. G. Martin, constructeur de ponts en fonte, et participa après la guerre de 1870, à la reconstruction, qui s'imposait alors, d'un grand nombre de ponts métalliques.

C'est à la fin de cette période qu'il s'adonna particulièrement aux études et aux entreprises qui devaient occuper la plus grande partie de sa carrière industrielle, celles relatives aux constructions et à la mécanique hydraulique.

Il serait trop long d'énumérer ici tous les travaux qu'il a exécutés ou étudiés pour l'organisation ou l'amélioration du service de l'eau dans les villes (Issoudun, Evreux, Albi, Saint-Nazaire, Bayeux, Fécamp, Châteauroux, Troyes, etc.)

Je mentionnerai seulement quelques-unes des principales entreprises qu'il mena à bonne fin après la reprise, en 1884, par l'association Vollot et Badois, de l'atelier de construction de la Société l'Hydraulique dont le décès de son associé lui laissa bientôt la charge tout entière :

En 1886, établissement, pour le Ministère de la Marine, à Brest, d'un pont roulant à manœuvre hydraulique ;

En 1887, établissement, pour le chemin de fer de l'Est, à la gare de la Villette, de la manutention mécanique des wagons par eau sous pression ;

En 1887 également, une installation analogue pour le chemin de fer du Nord ;

En 1889, construction de deux vérins hydrauliques, pouvant soulever 800 tonnes chacun, avec appareils de compression d'eau à 700 atmosphères, pour la construction de la Tour Eiffel.

Badois a publié de nombreux mémoires sur ses travaux et sur ses études. La Société des Ingénieurs Civils de France, à laquelle il appartenait depuis 1862, a eu la primeur de plusieurs d'entre eux. Il y était très assidu ; ses connaissances étendues et sa grande expérience lui permettaient d'intervenir souvent dans les discussions, et il le faisait avec une compétence et une élégance de parole qui lui assuraient toujours la faveur de la réunion. Aussi fut-il à diverses reprises honoré des suffrages de ses Collègues, d'abord pour les fonctions de Secrétaire qu'il exerça de 1875 à

1878, puis pour celles de membre du Comité de 1886 à 1888 et de 1894 à 1896, enfin pour celles de Vice-Président de 1897 à 1900.

En quittant les fonctions de Vice-Président, il y a deux mois, il me confiait les inquiétudes que lui avait causées l'ébranlement récent de sa santé, et l'espoir que lui donnait l'amélioration qu'il ressentait depuis peu. Cet espoir devait être malheureusement déçu. La Société des Ingénieurs Civils de France en est profondément affligée, l'affluence des Collègues qui nous entourent en témoigne éloquemment. Ce sentiment général, je le partage de tout cœur, et je me fais un honneur d'en être l'interprète en présentant à la famille de notre regretté Vice-Président l'expression de notre douloureuse sympathie, et en lui disant que, nous aussi, nous conserverons pieusement le souvenir de celui qu'elle pleure.

DISCOURS
PRONONCÉ AUX OBSÈQUES
DE
M. J.-A. FALIÈS
PAR
M. Ch. BAUDRY
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, je viens rendre un suprême et pieux hommage à l'un de ses membres les plus anciens et les plus considérés.

Sorti de l'École Centrale en 1853, Jacques-Alfred Faliès a consacré presque un demi-siècle à l'industrie des chemins de fer, et plus particulièrement à ces lignes d'intérêt local, à ces chemins de fer sur route, qui sont venus donner le bénéfice de ce précieux moyen de transport à la masse de nos populations rurales, qui n'avaient pas eu la bonne fortune de se trouver sur le passage des premières grandes voies de communication.

A sa sortie de l'École, Faliès débuta à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est. Nommé ensuite Ingénieur au Chemin de fer de l'Ouest, c'est là qu'après la mise en vigueur de la loi de 1865 sur les chemins de fer d'intérêt local, on vint le chercher pour lui confier, d'abord, la construction puis l'exploitation de la ligne à voie normale de Mamers à Saint-Calais, ouverte en 1872.

Mais Faliès ne se contenta pas de cette solution incomplète du problème des voies ferrées à bon marché. Il en chercha une plus radicale dans l'établissement des chemins de fer sur routes avec écartement réduit des rails. Il publia à ce sujet de nombreuses brochures; et quand la loi de 1880 fut venue réglementer la matière, il exécuta successivement les réseaux de voies ferrées sur route de la Sarthe, du Loir-et-Cher, de la Loire-Inférieure et de l'Ille-et-Vilaine.

La Société des Ingénieurs Civils de France, à qui Faliès appartenait depuis plus de quarante ans, aux travaux de laquelle il n'a jamais cessé de s'intéresser, et à laquelle il a donné une pensée à ses derniers moments, conservera pieusement le souvenir de cette carrière laborieuse et féconde; elle adresse par ma bouche à sa veuve et à ses amis l'expression de sa profonde et douloureuse sympathie.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

Jacques-Alfred FALIÈS

PAR

M. Anatole MALLET

L'éminent Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. Ch. Baudry, dans les paroles qu'il a prononcées le 1er mars dernier sur la tombe de Faliès et qu'on trouvera plus haut, a retracé en termes émus les grandes lignes de la carrière de notre regretté collègue, et rappelé la part si considérable qu'il avait eue dans la création et le développement des chemins de fer à voie étroite en France.

Nous ne croyons pas faire double emploi avec le discours de notre Président en consacrant ici quelques lignes à la vie si bien remplie d'un camarade dans l'intimité duquel nous avons vécu assez longtemps pour être à même de parler en connaissance de cause aussi bien des qualités de l'homme que des talents de l'ingénieur.

Jacques-Alfred Faliès était né en 1830 à Aurillac; venu de bonne heure à Paris, il fit ses études à l'institution bien connue Barbet-Massin ou, par parenthèse, il eut comme condisciple celui qui devait être plus tard le général de Galiffet. Entré à l'École Centrale, il en sortit en 1853; nous pouvons rappeler qu'au nombre de ses camarades de promotion se trouvaient Buquet, de Coene, Gottschalk et Lavezzari, avec lesquels il s'était lié d'une étroite amitié que la mort seule put dissoudre.

Faliès entra, à sa sortie de l'École, au chemin de fer de l'Est où il fut employé à la résidence de Belfort à la construction de la ligne de Paris à Mulhouse, mais il y resta peu de temps, et après un stage dans le bureau d'études d'Eugène Flachat qui avait immédiatement apprécié sa valeur, il passa au service de la Compagnie de l'Ouest pour devenir promptement ingénieur du service de la surveillance de la voie de la section de Paris

au Mans; puis plus tard, ingénieur chef de la 4[e] division de l'entretien et de la surveillance des travaux de la voie et des bâtiments de Paris au Mans et à Alençon.

Notre collègue résidait au Mans depuis plusieurs années et s'y était acquis une grande considération et une légitime autorité dans les questions de chemins de fer lorsqu'une société locale composée d'éminentes personnalités du département de la Sarthe, parmi lesquelles M. Haentjens, député et neveu de M. Lavallée, fondateur et ancien directeur de l'École Centrale, demanda, dès la promulgation de la loi de 1867 sur les chemins de fer d'intérêt local, la concession de la ligne secondaire de Mamers à Saint-Calais. Elle ne crut pouvoir mieux faire pour assurer le succès de cette entreprise que d'en confier l'exécution à Faliès.

Ce choix fut pleinement justifié par les résultats; cette ligne à voie normale de 77 *km* de longueur, ouverte en 1872, ne coûta pas plus de 100 000 *f* le kilomètre, somme prévue dans les devis. L'exploitation en fut confiée à celui qui l'avait établie et qui en resta le directeur jusqu'à sa mort.

Notre collègue se rendait bien compte que, si une solution de ce genre représentait un progrès sérieux sur le passé, elle ne résolvait pas encore le problème des voies ferrées destinées à pénétrer dans les régions agricoles des départements, et qu'il fallait aborder franchement la question des lignes à écartement réduit et sur routes.

La loi de 1867 était d'ailleurs reconnue insuffisante dès le lendemain de sa promulgation et il fallait édicter une législation plus large et plus complète. Faliès s'attacha résolument à la question et, après une longue et minutieuse préparation, il consigna les résultats de ses études et des visites faites aux rares lignes de ce genre qui existaient déjà, soit en France (chemins de fer miniers et industriels), soit à l'étranger, dans une série de brochures qui parurent de 1875 à 1878 et dont les titres que nous croyons devoir reproduire ici indiquent bien les ordres d'idées dans lesquels elles étaient conçues et les sujets d'ordre technique et financier qui y sont traités : « Subventions rationnelles pour la construction des chemins de fer à faible trafic. — Utilisation des routes pour l'achèvement rapide et économique d'un nouveau réseau complémentaire », Le Mans, 1875. — « Choix de la largeur de voie pour les chemins de fer à traction de locomotives sur routes », Paris, 1878. — « Étude théorique et pratique sur les chemins de fer à traction de locomotives sur routes »,

Paris, 1878. — « M. Caillaux et les chemins de fer sur routes », Paris, 1878. — « Le nouveau projet de loi des chemins de fer d'intérêt local; étude technique et financière », Paris, 1879. Dans ces brochures, Faliès avouait sa préférence pour la voie de 0,75 *m* qu'il considérait comme satisfaisant à toutes les conditions d'économie, de sécurité et de confort pour les voyageurs, il n'est nullement prouvé d'ailleurs que la plus grande partie des lignes qui ont été exécutées en France à la voie de 1 *m* n'eussent pu l'être dans d'aussi bonnes conditions à l'écartement de 0,75 *m*. Notre collègue faisait, dans ses divers écrits, l'application des principes développés par lui à un certain nombre de lignes à établir dans le département de la Sarthe dont il connaissait à fond la nature, la population, les intérêts et les besoins.

Grâce aux relations qu'il s'était créées, à ses antécédents professionnels et à la considération légitime qu'il s'était acquise, il obtint la concession de deux premières lignes dans le département de la Sarthe sous le régime de la loi de 1867 puis, après la promulgation de la loi du 11 juin 1880, de plusieurs autres lignes qui forment avec les premières le réseau départemental de la Sarthe, ainsi constitué :

	Longueur.
1° Le Mans au Grand-Lucé	31 *km*
2° Ballon à la forge d'Antoigné	7 »
3° Le Mans à Saint-Denis d'Orques.	47 »
4° Le Grand-Lucé à La-Chartre	18 »
5° Le Mans à Saint-Cosme de Vair	38 »
6° Le Mans à Cerans, Foulletourte, etc.	49 »
7° Mamers à la Ferté-Bernard.	15 »
Total.	205 *km*

L'ensemble de ces lignes ne coûte pas plus de 42 000 *f* le kilomètre en moyenne et le coût de quelques-unes est de beaucoup inférieur. Les dépenses d'exploitation varient, suivant les lignes, de 2 200 à 2 700 *f* par kilomètre pour une recette brute variant également suivant les lignes de 1 800 à 3 900 *f*.

Faliès exécuta dans les mêmes conditions les tramways de Loir-et-Cher (3 lignes, ensemble 143 *km*), d'Ille-et-Vilaine (3 lignes, ensemble 103 *km*) et la ligne à voie étroite de Nantes à Legé, véritable chemin de fer de 44 *km* dont la dépense d'établissement revient, tout compris, à 66 000 *f* le kilomètre. Toutes

ces lignes ont été, jusqu'à sa mort, exploitées sous sa direction immédiate et effective.

Les succès qu'obtint invariablement Faliès dans ce genre d'entreprises est dû, dans une large mesure, au choix judicieux des lignes dont il demandait la concession, mais aussi, et surtout peut-être, aux soins minutieux qu'il apportait aux études et à l'exécution. Il ne négligeait aucun détail, même insignifiant en apparence, et étudiait par lui-même toutes les parties : travaux bâtiments, matériel fixe et roulant. Aucun point ne lui échappait, pas plus ceux qu'on est trop souvent porté à considérer comme secondaires, que les autres. Ainsi, pour donner une idée des soins qu'il apportait partout, il ne croyait pas que, pour faire bon marché, il fallait nécessairement faire laid, et il introduisait dans la construction de ses bâtiments une note personnelle dans laquelle se traduisait sa profonde connaissance de l'architecture et son goût délicat, et qui donnait à des bâtiments parfois assez insignifiants en eux-mêmes, un cachet artistique indéniable.

Nous n'avons cité plus haut que les principaux travaux de notre collègue, il y aurait à ajouter à leur énumération quantité d'études et de projets, au nombre desquels on nous permettra de mentionner celui d'un chemin de fer aérien dans Paris, présenté vers 1880 pour lequel il voulut bien recourir à notre collaboration.

Non seulement Faliès possédait à fond théoriquement et pratiquement la science des chemins de fer, mais il se rendait parfaitement compte que cette science enregistrait chaque jour de nouveaux progrès et qu'il était indispensable de se tenir au courant de ces progrès. Disposant de fort peu de temps en dehors de ses lourdes occupations, et sachant que nous étions tenus par devoir professionnel de suivre au jour le jour la littérature technique, il nous chargeait de lui signaler régulièrement les nouveautés dans la question des chemins de fer à voie étroite et. s'il avait connaissance d'un appareil nouveau ou d'un travail important, il faisait, suivant les cas, acquisition de l'objet indiqué ou allait visiter l'ouvrage et son jugement et ses facultés d'appréciation étaient tels que bien rarement l'acquisition ou la visite se trouvaient inutiles.

L'autorité de Faliès en matière de chemins de fer à voie étroite était très grande et très généralement reconnue. Combien de fois n'avons-nous pas rencontré dans son bureau des Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées venant le consulter sur des réseaux

à établir dans leur departement? On le faisait venir de très loin, ainsi il fit, sur la demande du Gouvernement hellénique, un voyage en Grèce pour l'examen de diverses lignes à l'étude.

Un point que nous ne saurions passer sous silence, c'est que cette autorité s'était établie sans bruit ni réclame, par la seule force des faits acquis, par leur propagation naturelle dans les milieux compétents et loin de toute intervention officielle. D'un caractère essentiellement modeste, Faliès avait horreur de se mettre en avant et de faire parler de lui; il fuyait les réunions bruyantes, les inaugurations, par exemple; il n'y a donc pas à s'étonner si les témoignages officiels de satisfaction et les distinctions ne sont pas venus le trouver. Ainsi, il était Chevalier de la Légion d'honneur depuis 1871, mais décoré pour faits de guerre et notamment pour sa belle conduite à la bataille du Mans à laquelle il avait pris part comme officier d'ordonnance du général Rousseau. Il ne reçut jamais aucune récompense pour ses travaux d'ingénieur, de premier ordre cependant. La satisfaction du devoir accompli et l'estime de ses collègues lui suffisaient largement. Il aimait à se distraire de ses travaux par les joies du foyer domestique, la fréquentation de vieux amis, des voyages ayant toujours un but utile et intelligent, et enfin le culte des beaux arts qu'il aimait passionnément, la peinture et la musique surtout, et auxquels une fortune honorablement acquise lui permettait de se livrer sans contrainte.

La santé de notre collègue s'était altérée depuis quelques années à la suite d'une violente attaque d'influenza; depuis lors il était obligé de passer les hivers dans le Midi. Sa robuste constitution, jointe aux soins dévoués dont il était entouré, lui permit de lutter longtemps contre le mal, mais celui-ci finit par triompher et, après de longues souffrances supportées avec un courage et une résignation extraordinaires, Faliès s'éteignit à Nice le 23 février dernier.

Notre collègue était entré à la Société des Ingénieurs Civils en 1858. Sa longue absence de Paris d'abord et ses occupations multipliées depuis ne lui permettaient pas de suivre assidûment nos séances, mais il s'intéressait à nos travaux et il a apporté plus d'une fois des contributions à nos bulletins, nous citerons par exemple une communication sur une traverse métallique en 1863, et une sur les transbordeurs de wagon de la voie normale sur la voie étroite en 1879, sans parler de la part qu'il prit à diverses discussions sur les questions générales concernant les

chemins de fer et notamment à celles de 1880. Il n'a pas oublié la Société à ses derniers moments et lui a donné un témoignage matériel de sympathie en l'inscrivant pour un legs dans son testament.

Chez Faliès, l'homme privé était à la hauteur du technicien; il était foncièrement bon, de relations sûres, toujours prêt à obliger discrètement, même au risque de se laisser quelquefois exploiter, de plus c'était *un caractère*, éloge qui n'est pas banal à notre époque. Aussi ne laisse-t-il que des regrets parmi tous ceux qui l'on connu, amis, collègues, personnel. Nous souhaitons que cette conviction vienne adoucir la douleur de Mme Faliès sa veuve et de sa famille que nous pouvons assurer dans cette pénible circonstance de la très vive sympathie de notre Société.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. E. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE

Ce n'est pas sans provoquer une profonde émotion que la nouvelle de la mort de notre Collègue Édouard Delamare-Deboutteville est venue surprendre le monde scientifique et industriel ainsi que les nombreux amis que s'était fait partout, par sa bonté et sa bienveillance, cet excellent Ingénieur.

Tous ceux qui l'approchaient étaient bientôt séduits par l'amabilité et la simplicité de ce causeur charmant et modeste qui avait étudié et approfondi les questions les plus diverses.

Qui eût dit, il y a quelques semaines, que cette belle intelligence, cet esprit si ouvert, si net, allait bientôt disparaître à jamais, que cet homme serait enlevé ainsi bien avant l'âge, à quarante-cinq ans.

Il est mort le 17 février dernier en son château de Montgrimont près de Fontaine-le-Bourg, dans la Seine-Inférieure.

Delamare-Deboutteville était né le 8 février 1856.

Il descendait d'une famille d'industriels ayant tenu une place distinguée dans la Seine-Inférieure. Son père était un des premiers filateurs de coton de France.

Élevé ainsi, dans un milieu où il entendait continuellement agiter des questions industrielles, Édouard Delamare avait, tout enfant, montré un goût prononcé pour la mécanique.

Après de bonnes études à l'École Industrielle de Rouen, il entra, à vingt-deux ans, dans la filature de son frère aîné qui avait succédé à son père ; il y montra tout de suite combien étaient grandes ses aptitudes pour la mécanique en apportant nombre de perfectionnements dans différentes parties de l'usine.

L'éloignement de la filature de Fontaine-le-Bourg de toute station de chemins de fer appela son attention sur la question des transports sur routes. Celle-ci lui fit étudier les moteurs pour automobiles, c'est-à-dire les moteurs à gaz, à essence, etc.

En 1883, alors que les bicycles commençaient à se répandre, il inventa un des premiers tricycles à gaz qui aient fonctionné sur routes. Le nom d'Édouard Delamare-Deboutteville est donc inscrit parmi ceux des pionniers de l'automobilisme actuel.

A partir de 1884, il consacra ses aptitudes mécaniques à la conception du moteur à gaz lui-même, abandonnant tout autre essai de l'automobilisme, et se livra aux recherches qui devaient aboutir au moteur « Simplex ».

Reprenant, à cette époque, l'étude des moteurs à gaz au point où l'avaient laissé ses devanciers, Lenoir, Otto, Delamare-Deboutteville conserva le cycle à quatre temps de Beau de Rochas et apporta à la machine une série de perfectionnements qui permirent l'établissement des moteurs beaucoup plus grands que ceux que l'on construisait alors.

Ses principaux travaux portèrent sur : l'allumage du mélange gazeux par l'étincelle électrique continue, ce qui assurait l'inflammation d'une façon beaucoup plus certaine que par la flamme directe ou par l'incandescence ; de plus, la richesse du gaz employé pouvait diminuer dans une notable proportion sans que l'on eût à craindre des ratés d'explosions.

Enfin la mise en route des moteurs, qui se faisait en tournant le volant à bras d'homme, était une difficulté d'un ordre spécial. Delamare-Deboutteville appliqua le premier une mise en route automatique consistant à charger par avance le cylindre du moteur d'un mélange tonnant que l'on enflamme par l'étincelle électrique et qui lance la machine suffisamment pour qu'elle continue ensuite d'elle-même sa marche normale.

C'est dans ces conditions qu'il parvint à employer le gaz pauvre produit par des appareils Dowson pour actionner ces moteurs; si bien qu'en 1889 il put présenter à l'Exposition Universelle un moteur à gaz pauvre, monocylindrique, de la force de 100 *ch*, lequel fit sensation et lui valut la médaille d'or.

Depuis cette époque, le moteur à gaz entra définitivement en lutte avec la machine à vapeur; son extension n'était plus bornée à la petite industrie, le champ devenait tout à fait libre.

Delamare-Deboutteville perfectionna ensuite le gazogène; abandonnant le système Dowson qui nécessitait l'emploi de générateurs à vapeur, il établit un ensemble d'appareils gazogènes où la vapeur d'eau nécessaire est produite simplement par la chaleur rayonnante du foyer, et la soufflerie par un ventilateur.

C'est après vingt années d'efforts, de lutte et de recommence-

ment qu'il arriva au type Simplex qui lui valut, en 1896 à l'Exposition de Rouen, la croix de la Légion d'honneur. A cette époque il avait déjà plus de soixante-dix brevets en France et à l'Étranger.

La Société Cockerill, de Seraing, lui fit alors des propositions qu'il s'empressa d'accepter, et, avec la coopération de cette puissante maison, son moteur obtint enfin la faveur dont il jouit.

La Société Cockerill, considérant l'énorme avantage qu'il y aurait à utiliser directement dans les moteurs à gaz les gaz de hauts fourneaux, lui posa ce problème nouveau. Dirigeant dès lors ses recherches dans cette voie, il réussit, avec le concours des Ingénieurs de cette maison, à faire marcher : d'abord un moteur de 8 *ch* puis un de 200, enfin un de 700 *ch* avec les gaz de hauts fourneaux, qui figura avec honneur à l'Exposition Universelle de 1900.

Depuis ces premiers essais, Delamare-Deboutteville a obtenu des récompenses dans de nombreuses Expositions : sept médailles d'or, trois diplômes d'honneur, un grand prix et l'Award de Chicago accordés aux moteurs à gaz. A l'Exposition de 1900 à Paris, il obtint avec l'Exposition Cockerill un grand prix. En 1896, il était Membre de l'Exposition de Rouen et Président du groupe de la Mécanique générale.

E. Delamare-Deboutteville ne donnait pas tout son temps à ses études mécaniques ; c'était par ailleurs un savant dans l'acception générale du terme. Son esprit très actif, son amour de la nature l'avait porté vers l'étude de l'histoire naturelle. Il avait entrepris plusieurs voyages dans le but de contribuer à l'accroissement des collections du Muséum qui lui sont redevables d'une grande partie de la série ornithologique locale ; le nom d'Édouard Delamare-Deboutteville est inscrit au nombre de ceux des principaux donateurs du Muséum à côté de ceux du comte de Slade, de l'amiral Cécille et de Largilliert.

Très versé dans les questions de pêches maritimes, il avait porté récemment son attention sur l'ostréiculture et la mytiliculture. Au Congrès des Pêches maritimes de Dieppe en 1898, il avait lu un mémoire, qui avait obtenu le plus légitime succès.

Il a créé lui-même en Bretagne, à Prat-ar-C'oum, dans le Finistère, des parcs ostréicoles qui sont aujourd'hui en pleine production.

Édouard Delamare-Deboutteville était un causeur charmant, un penseur épris des plus beaux problèmes et un lettré érudit

qui avait poussé le besoin de s'instruire jusqu'à l'étude du sanscrit. Son rêve était d'aller aux Indes compléter ses travaux si intéressants pour l'origine des langues.

On ne peut que déplorer la perte d'une intelligence aussi vive et aussi féconde et d'un travailleur énergique et passionné qui est enlevé au moment où il allait recueillir le fruit de son rude labeur.

CHRONIQUE

N° 255

Sommaire. — Le développement de la turbine à vapeur. — Le mesurage de la vapeur. — Le chemin de fer de montagne des Nilgiri. — Destruction des immondices de la ville de Bruxelles. — Un forage remarquable. — Explosions de volants.

Le développement de la turbine à vapeur. — Au nombre des mémoires présentés à la récente réunion de l'American Society of Mechanical Engineers on peut citer tout spécialement un travail très complet sur l'histoire, le développement et la situation actuelle de la turbine à vapeur par notre éminent collègue, le professeur R.-H. Thurston. Nous en donnons ci-après un résumé d'après l'*Engineering Magazine*.

L'auteur rappelle d'abord la grande analogie de principe qui existe entre les deux principales formes actuelles de la turbine à vapeur, celles de de Laval et de Parsons, avec l'appareil à réaction de Héron d'Alexandrie et la roue de Branca, l'un de 120 avant J.-C., l'autre de 1629.

La turbine à vapeur doit être, en principe, d'un emploi économique, parce qu'elle est d'une rigoureuse simplicité et qu'elle n'est sujette qu'à des frottements très réduits auxquels donnent lieu seulement deux tourillons de faible diamètre. Elle a de plus l'avantage d'être entièrement soustraite à la cause principale de perte des machines à mouvement alternatif, la variation de température des parois intérieures en contact alternatif avec la vapeur sortant de la chaudière et la vapeur s'échappant de la machine, perte qui est d'au moins 10 0/0 et peut s'élever à 50 0/0 et même plus de la quantité fournie au moteur. Dans la turbine à vapeur, les surfaces intérieures sont toujours à la même température. La seule perte thermique est celle qui se produit par rayonnement et par contact, et c'est très peu de chose. Les pertes thermodynamiques sont dues, comme dans les autres moteurs à vapeur, à la détente incomplète dans l'appareil et à la sortie du fluide moteur avec une vitesse qui n'est pas en rapport avec celle qui serait nécessaire pour réduire la perte au minimum.

Les résultats obtenus avec le *Turbinia* muni de machines du type Parsons aux essais qui eurent lieu en 1894 et dans lesquels on a réalisé des vitesses supérieures à 32 nœuds, avec une dépense inférieure à 9 *kg* de vapeur par cheval-heure ont attiré l'attention sur la possibilité d'employer couramment la turbine dans la navigation et les résultats obtenus avec un second navire le *Viper* qui a donné une vitesse de 37 nœuds ou 68,5 *kg* à l'heure, ont confirmé la valeur des principes sur lesquels le navire et son appareil moteur avaient été établis.

Il n'est pas douteux qu'on arrive à employer des turbines à vapeur de grande puissance pour beaucoup d'applications, maintenant que leur

fonctionnement a été reconnu satisfaisant, notamment pour les torpilleurs, et leur construction sur une vaste échelle permettra de résoudre sans difficulté diverses questions dont un usage très restreint ne pouvait donner la solution. Il semble que, comme cela s'est produit pour les moteurs à gaz, plus on construit de machines, plus les questions d'études et d'exécution se simplifient et plus on arrive à se rapprocher du rendement théorique dans le problème de la transformation de la chaleur en travail.

Les grandes turbines ont une vitesse de rotation relativement réduite et on peut considérer comme pratiquement réalisable dès à présent la construction d'un paquebot transatlantique avec des turbines de 30 000 à 40 000 *ch* tournant à 400 tours au plus par minute et actionnant quatre arbres et huit hélices, en consommant peu de vapeur et de combustible et réalisant une énorme réduction de poids et d'encombrement. Avec ces moteurs on n'aurait ni bruit ni vibrations désagréables pour les passagers et la simplicité de la construction et la suppression des innombrables parties frottantes des machines ordinaires donneraient une précieuse garantie contre les avaries ou dérangements provenant de fuites, échauffements de coussinets, etc., qu'on rencontre avec les machines à mouvements alternatifs.

On pourrait employer des pressions de vapeur très élevées limitées seulement par la résistance des chaudières.

En discutant la théorie générale de la turbine à vapeur, le professeur Thurston montre que ces appareils fonctionnent dans le cycle de Rankine ou de Clausius et donne une analyse complète du cas idéal de ce cycle où il n'y a pas de compression. Il fait voir que la turbine satisfait à ce cycle plus complètement qu'aucune autre forme de moteur à vapeur et constitue le moteur du genre le plus simple et le plus efficace au point de vue thermique.

L'étude très complète qu'il fait de la question conduit l'auteur aux conclusions suivantes :

1° La turbine à vapeur se rapproche plus de l'idéal théorique au point de vue thermodynamique qu'aucun autre moteur ; il ne lui manque que la compression pour satisfaire au cycle de Carnot ;

2° Elle n'est point sujette au genre de perte qui, dans les machines ordinaires, constitue la plus importante des pertes qu'on peut appeler extra-thermodynamiques, l'action des parois ;

3° Elle se prête particulièrement bien aux pressions très élevées dont l'emploi est justement considéré comme un moyen efficace d'améliorer le rendement des moteurs à vapeur ;

4° Sa vitesse de rotation n'est limitée que par la résistance des matériaux employés dans sa construction ;

5° La turbine s'accommode très bien de l'emploi de la vapeur surchauffée, parce qu'elle ne contient pas de parties frottantes et la limite de la surchauffe est seulement la température à laquelle la résistance des métaux serait sensiblement altérée. Dans ce cas, la limite est à la chaudière et non à la machine comme dans les moteurs alternatifs ;

6° Il suffira, pour assurer au moteur le maximum d'effet utile, de prendre quelques précautions très simples pour réduire les frottements

de l'axe et isoler autant que possible la partie tournante du contact de l'air;

7° Les pertes dans la turbine à vapeur sont toutes extra-thermodynamiques, sauf la perte due à l'absence de compression adiabatique de la vapeur qui a agi. Ces pertes consistent dans (1) le frottement des coussinets qu'on peut réduire au minimum par l'emploi de matériaux et de lubrifiants convenablement choisis; (2) le frottement de la vapeur à l'entrée et à la sortie de la roue, frottement qu'on peut réduire d'une part par la surchauffe, de l'autre par l'emploi de la condensation; (3) les pertes par fuites qu'on peut minimiser par une construction très soignée; (4) la perte par détente imcomplète qui peut être réduite dans une limite dépendant de considérations telles que l'augmentation des frottements et de la dépense qu'entraînerait l'emploi de roues de très grand diamètre; (5) les pertes thermodynamiques provenant de l'absence de compression adiabatique de la vapeur qui a agi, compression nécessaire pour passer du cycle de Rankine-Clausius au cycle de Carnot. Il paraît difficile de parer à cette cause de perte, à moins de recourir à l'emploi d'une pompe séparée pour comprimer la vapeur, ce qui ôterait la plus grande partie des avantages de l'appareil au point de vue de la simplicité et introduirait des pertes d'un autre ordre.

Comme le professeur Thurston, dans le remarquable exposé qui précède, a abordé la question de l'application de la turbine à vapeur à la navigation océanienne, il nous paraît intéressant d'exposer ici l'opinion sur ce point d'une autorité incontestable, le contre-amiral Melville, Ingénieur en chef de la marine des États-Unis, lequel, consulté par le *Scientific American*, a formulé dans les colonnes de ce journal ses appréciations sur la matière.

L'amiral Melville se défend énergiquement d'être le moins du monde opposé au progrès et considère qu'il n'est pas digne d'un grand pays de rester tranquille et d'attendre que les autres nations aient étudié les choses nouvelles pour profiter ensuite de leur expérience.

Mais, d'autre part, un appareil nouveau doit avoir dépassé dans une certaine mesure la période expérimentale pour pouvoir aspirer à remplacer des machines éprouvées depuis longtemps et rien n'est plus difficile que de fixer la minute précise où cette période expérimentale est accomplie. On a bien des exemples de machines qui ont subi triomphalement les essais les plus sevères et qui n'ont pas résisté à l'épreuve d'une pratique un peu prolongée.

Il n'y a pas le moindre doute que la turbine à vapeur ne fonctionne d'une manière satisfaisante et qu'elle n'ait donné de brillants résultats au point de vue de la vitesse sur le *Turbinia* et le *Viper*, mais, si la vitesse est quelque chose en marine, ce n'est pas tout.

Sur ces navires elle n'a rien fait probablement que n'eussent pu faire des machines ordinaires et l'amiral croit que celles-ci peuvent faire ce que ne fera pas la turbine. Pour les choses nouvelles, en mécanique, il faut non des semaines ni des mois, mais des années d'épreuve avant qu'on puisse décider qu'un appareil est pratique. Or on demande aux torpilleurs un essai de vitesse de quelques heures et on les laisse ensuite au repos pendant des années.

La turbine tourne à des vitesses auxquelles on n'est pas accoutumé en marine et pour l'adapter à la propulsion des navires, on doit recourir à des combinaisons de moteurs et de propulseurs qui ne sont pas très simples. Pour réduire la vitesse des moteurs à celle qui convient généralement aux hélices il faudrait arriver à des diamètres de turbines difficiles à admettre et donnant lieu à de sérieuses objections.

L'amiral Melville conclut que la turbine est toute indiquée pour certaines applications où une vitesse très élevée convient parfaitement et que ce serait lui rendre un mauvais service que vouloir la transporter sur un terrain qui ne lui est pas propice comme la marine, il faudra que sa consommation de vapeur s'abaisse encore notablement pour qu'elle puisse lutter à terre d'une manière générale avec la machine alternative.

Il nous semble qu'à côté de ces observations très judicieuses mais d'un caractère un peu général, on pourrait formuler quelques réserves d'une nature plus précise.

Le grand avantage de la turbine à vapeur est son extrême simplicité, avantage qui peut faire passer, dans beaucoup de cas, sur une consommation de vapeur plus élevée dans certaines limites; mais il faut éviter, semble-t-il, de l'amener sur un terrain où elle doit forcément perdre tout ou partie de cette simplicité. C'est précisément ce qui a lieu dans les applications à la marine où elle doit pouvoir tourner dans les deux sens, recevoir l'addition de condenseurs à surface avec tout leur attirail de pompes à air, pompes de circulation, etc., à moteurs spéciaux peu économiques, et se subdiviser en appareils multiples, ce qui entraîne une complication inévitable, sans compter le percement d'orifices plus ou moins nombreux pour la sortie des arbres des hélices, choses que les marins ne voient pas d'un bon œil et qui doivent toujours donner lieu à quelque appréhension.

M. Thurston, indique que la turbine, n'ayant pas de pièces frottantes, se prête admirablement à l'emploi de la surchauffe; c'est exact, mais il ne faut pas perdre de vue que la surchauffe agit ici tout autrement que dans la machine alternative. Elle réduit le frottement de la vapeur dans les aubages par la suppression de la présence d'eau dans la vapeur, ce qu'on peut obtenir également sans surchauffe par de bonnes proportions de l'appareil évaporatoire et une conduite convenable des feux, tandis que, dans les machines alternatives, elle agit en réduisant les condensations initiales sur les surfaces intérieures des cylindres, ce qu'on ne peut pas obtenir au même degré par d'autres moyens.

De plus, la limite de la surchauffe n'est pas seulement, comme le dit M. Thurston, dans la résistance des matériaux à la chaleur, elle est, avant tout, dans la quantité de chaleur disponible et la température des gaz à la sortie de la boîte à fumée, et ces éléments ont une valeur d'autant plus faible que l'appareil évaporatoire est plus parfait. Nous avons vu que dans certaines machines marines (Chronique de février 1901, p. 412) la température de ces gaz ne dépassait guère 300° C., ce qui donne une marge très faible pour la surchauffe. Il y aurait d'ailleurs lieu d'examiner quel est le parti le plus avantageux à tirer de la chaleur conservée par ces gaz. Est-ce de surchauffer la vapeur? Est-ce de réchauffer l'eau d'ali-

mentation ou enfin de chauffer l'air destiné à la combustion? On n'est pas fixé sur cette question.

Pour surchauffer énergiquement la vapeur, il faut recourir à l'emploi d'un foyer séparé, c'est peu pratique à la mer. Un fait très remarquable à notre avis, c'est que M. Schmidt qui a fait de nombreuses et heureuses applications d'une très forte surchauffe à terre et même l'a essayée sur des locomotives comme on a pu le voir l'année dernière à Vincennes, en l'a pas encore croyons-nous, tentée sur mer. Nous avons indiqué en mars 1895, page 477, que M. Schmidt s'occupait d'appliquer son système à un torpilleur pour en mieux faire ressortir les avantages; il semble que cette application est encore à faire, tant à ces torpilleurs qu'à un navire quelconque, ce qui prouve bien qu'il y a des difficultés très sérieuses, sinon insurmontables. Il ne faut donc pas, pensons-nous, s'exagérer la supériorité que la facilité de l'emploi de la surchauffe peut conférer à la turbine à vapeur si, comme il semble, la vraie difficulté est, non pas d'employer la vapeur surchauffée, mais de la produire.

Il est évident, en outre, qu'une condition *sine qua non* est que la consommation de vapeur de la turbine marine arrive à ne différer que d'une valeur assez faible de la consommation des machines ordinaires, parce que l'approvisionnement supplémentaire de combustible et les chaudières additionnelles nécessaires enlèveraient rapidement tout l'avantage dû au moindre poids et au moindre encombrement de la turbine.

Si par exemple, pour fixer les idées, la turbine dépensait 150 *gr* de charbon de plus par cheval-heure que la machine ordinaire, pour les 36 000 *ch* du *Deutschland*, ce serait un excédent de consommation de 5,4 *t* à l'heure, 130 par 24 heures et 1 040 pour 10 jours (réserve comprise). Il faut y ajouter 25 0/0 environ en plus d'appareils évaporatoires soit pour 12 chaudières doubles et 2 simples, 3 doubles et 1 simple, les premières pesant avec l'eau 600 *t* et la seconde 120 *t*, total 720 *t*, ou, avec le charbon, 1 660 *t* à compenser avec la différence de poids entre la machine alternative (cylindres mécanisme et bâtis seulement) et les turbines à vapeur, et cela sans compter la même augmentation de 25 0/0 sur les appareils de condensation, etc. C'est un calcul à faire, calcul dont nous ne possédons pas les éléments. La question reste donc ouverte et on ne peut que désirer la voir s'élucider peu à peu sous l'action des nouvelles applications dont on parle dans les journaux, entre autres celles qui auraient pour objet un paquebot de la Manche et un bateau de la Clyde.

Le mesurage de la vapeur. — La question du mesurage de la vapeur présente un grand intérêt; aussi a-t-on proposé divers procédés pour l'effectuer, sans qu'il semble qu'on ait réussi jusqu'ici en pratique.

M. L. C. Wolff a donné, dans la *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, une note très intéressante sur le compteur de vapeur de Gehre, note dont nous donnons ici un résumé d'après l'*Engineering Magazine*.

Pour mesurer un débit d'eau, on cherche la vitesse et la section transversale, ou bien on emploie la méthode du déversoir; pour l'air ou plus généralement les gaz permanents, on emploie divers systèmes de compteurs en outre de la méthode simple du gazomètre jaugé. Quant à la

vapeur, on se contente de déduire le volume de vapeur du volume de l'eau vaporisée ou du volume provenant de la condensation de la vapeur. Mais aucune de ces deux méthodes n'est entièrement satisfaisante.

Le principe du compteur de Gehre consiste à apprécier la chute de pression qui se produit dans le passage d'un courant de vapeur à travers un orifice étranglé. La manière la plus simple d'apprécier la vitesse de la vapeur dans ces conditions est ce qu'on appelle la loi de Napier, formulée par Zeuner dans son *Traité de Thermodynamique technique*. La formule Napier-Zeuner permet de trouver le poids de vapeur passant par seconde à travers un orifice de section donnée, avec une très grande approximation, au moyen de tables établies pour des différences de pression de 1/100e à 1/10e d'atmosphère.

Dans ces limites, le débit est presque entièrement indépendant de la pression absolue, étant régi seulement par la différence des pressions existant de chaque côté de l'orifice. Si cette différence est faible, la formule se simplifie grandement et, pour les besoins de la pratique, le calcul se réduit à une simple multiplication.

Pour arriver à supprimer même tout calcul, le compteur est disposé de façon que le poids de vapeur débité soit indiqué par un diagramme. L'appareil est très ingénieux et on le trouve décrit dans l'article original (*Z. V. D. I.*, 8 décembre 1900).

Comme la formule comprend des quantités variables qui, sous forme graphique, sont représentées par des courbes, l'instrument comprend des manomètres à pistons qui tracent les variations de pression sur un papier mobile, de manière que chaque point de la courbe donne le débit à ce moment et que le débit total pour une période puisse être obtenu par le mesurage de l'aire correspondante, mesurage qu'on peut opérer à l'aide d'un planimètre, comme pour un diagramme d'indicateur.

L'appareil est très simple, et on a vérifié à maintes reprises son exactitude par la méthode de la condensation d'un poids donné de vapeur. Dans les premiers instruments, l'approximation était de 5 0/0, tandis qu'actuellement on est arrivé à moins de 1 0/0.

L'utilité d'un compteur de vapeur susceptible d'une précision suffisante n'a pas besoin d'être démontrée. Non seulement pour les machines à vapeur, il donne des résultats plus complets que ceux de l'indicateur et permet une double vérification, mesurage de la vapeur et jaugeage de l'eau d'alimentation, mais il rendra de précieux services pour les applications de la vapeur autres que pour la force motrice, telles que chauffage, cuisson, dessication, etc. Il est certain que les grands progrès accomplis dans les machines à vapeur sont dus en partie à l'emploi des instruments d'observation tels que l'indicateur, les manomètres enregistreurs, les pyromètres, les appareils d'analyse pour les gaz de la combustion, le calorimètre, etc.; le compteur de vapeur sera une heureuse addition à l'énumération qui précède.

Le chemin de fer de montagne des Nilgiri. — Le chemin de fer des Nilgiri est le premier chemin de fer à crémaillère du système de notre collègue M. Abt construit dans l'Inde et la plus longue ligne de ce système établie jusqu'ici. Il est principalement destiné à desservir

les importantes villes d'Oatacamund, la résidence d'été du gouvernement de Madras, Coonoor, Kotageri et Wellington, la dernière de ces localités constituant le sanatorium militaire pour l'Inde méridionale et la Birmanie.

Un mémoire de M. W. J. Weightman, présenté à l'Institution of Civil Engineers, donne des détails intéressants sur ce chemin de fer, qui présente la particularité assez rare pour une ligne à crémaillère d'être posée sur des traverses en bois au lieu de traverses métalliques.

La ligne a presque exactement 30 *km* de longueur et franchit une différence de niveau de 1 525 *m* entre Mettapolliam, son point de départ sur le chemin de fer de Madras, et le plateau qui couronne les montagnes des Nilgiri. Les premiers 7,5 *km* sont à adhérence avec des inclinaisons qui ne dépassent pas 25 0/00, le reste est muni d'une crémaillère du système Abt, avec des déclivités normales de 80 0/00.

La voie est à l'écartement de 1 *m* ; les courbes représentent une longueur de 14,5 *km*, soit presque la moitié. La plate-forme a 4,80 *m* de largeur, et comme il tombe assez souvent des hauteurs d'eau de 150 *mm* en quelques heures, on a pris grand soin de pourvoir à son asséchement.

Les ouvrages d'art sont nombreux ; il n'y a pas moins de 23 grands ponts et de 113 petits. Les premiers sont en poutres métalliques sur piles en maçonnerie ; l'élévation du change n'a pas permis d'employer des piles métalliques comme on l'avait prévu. Le maximum de portée des travées a été fixé à 18,30 *m*, eu égard au rayon des courbes qui, avec la crémaillère, ne devait pas descendre au-dessous de 100 *m*, soit cent fois la largeur de la voie. Comme un certain nombre de ponts devaient se trouver sur des parties en courbe, une plus grande portée aurait obligé à augmenter la largeur et, par suite, la longueur des poutrelles. Dans un cas seulement, on a dépassé la portée indiquée ci-dessus, c'est au pont de Burliar, qui franchit une gorge de 36 *m* de profondeur entre deux parois rocheuses ; ce pont, en courbe de 100 *m*, a 21,40 *m* de portée ; il a un tablier en plaques de tôle embouties.

Dans la partie à crémaillère, un certain nombre des ponts sont sur la déclivité de 80 0/0 ; aussi, pour les empêcher de descendre, on a ajouté une cornière de 150 × 150 en travers sous la partie inférieure des poutres, laquelle cornière bute contre la maçonnerie de la culée, l'autre extrémité des poutres restant libre de suivre les effets des changements de température. Pour les ponts de faible portée, les poutres sont boulonnées sur de fortes plaques de fonte fixées à la maçonnerie des culées. Ces précautions ont réussi à empêcher tout déplacement des tabliers métalliques.

Il y a sur la ligne neuf tunnels dont le plus long a une centaine de mètres. Leur construction n'a rien présenté de particulier, mais on a fait en service une remarque intéressante, c'est que, dans le tunnel, l'air devient très peu respirable, lorsque la machine travaille à son maximum et surtout au moment du chargement du foyer. Cela tient à ce que, le tunnel étant en rampe, il se produit un tirage grâce auquel l'air chargé de fumée circule à la même vitesse que le train et il ne se produit pas de renouvellement de l'air. Cet effet n'est heureusement pas trop gênant parce que les tunnels sont courts.

La ligne a coûté environ 235 000 *f* par kilomètre; son prolongement projeté de 18,5 *km* est estimé à 170 000 *f* par kilomètre.

La voie, qui est une des parties les plus intéressantes, est établie en rails d'acier à patin du poids de 25 *kg* le mètre et de 8,58 *m* de longueur, posés sur des traverses en bois de « Pyugadu » provenant de Birmanie; ces traverses ont 1,83 *m* de longueur, 0,20 *m* de largeur et 0,12 *m* d'épaisseur. Sur la section de montagne, l'épaisseur est portée à 0,150 *m* à cause de la crémaillère qui est aussi portée sur les traverses. La crémaillère est formée de deux barres d'acier de 3,05 *m* de longueur et 22 *mm* d'épaisseur; le métal a une résistance à la rupture de 48 *kg* par millimètre carré. Les dents sont découpées à la machine au moyen d'un outillage spécial établi par MM. Cammel et Cie, de Sheffield, qui ont fourni ces crémaillères. Celle-ci revient à 22 *f* le mètre courant. Les pièces d'entrée à ressort coûtent 825 *f* chacune. Les plus grands soins ont été apportés à la confection de tout ce qui touche à la crémaillère dont l'exécution a constitué un vrai travail de précision.

Les locomotives sont du type mixte de Abt, c'est-à-dire qu'elles peuvent fonctionner à la fois ou indépendamment par crémaillère et par adhérence. Ces machines ont six roues accouplées de 0,76 *m* de diamètre: l'écartement des essieux extrêmes est de 3,05 *m*, ce qui est un peu long pour les courbes de 100 *m* de rayon, aussi emploie-t-on avec succès un jet d'eau chaude pour réduire l'usure des bandages. Le poids, y compris 2 800 *l* d'eau et 1 000 *kg* de charbon, est de 33 *t*. Ces machines construites par MM. Beyer, Peacock et Cie, de Manchester, ont coûté 65 000 *f* chacune. Le matériel roulant se compose actuellement de 4 locomotives mixtes, 16 wagons à marchandises, 4 voitures à voyageurs de 1re classe, 4 voitures mixtes et 4 fourgons. Il y a par jour 2 trains de voyageurs et 2 trains de marchandises dans chaque sens. La vitesse est limitée à 13 *km* à l'heure sur la section de montagne et à 32 *km* sur la partie à adhérence. Les tarifs de voyageurs sont de 10, 5 et 1 roupie selon les classes pour la montée et de la moitié de ces chiffres pour la descente.

Avant l'ouverture à l'exploitation, on a fait des essais sur les freins avec des trains de 100 *t* brutes. A la montée, aux vitesses de 10, 13 et 16 *km* sur la rampe de 80/0, on a arrêté le train sur des longueurs de 7,40, 11 et 18 *m* et à la descente à des vitesses allant de 6,5 à 20 *km*, les arrêts se sont effectués sur des distances variant de 16 à 130 *m*.

Destruction des immondices de la ville de Bruxelles. — D'après les *Annales des Travaux publics de Belgique*, la ville de Bruxelles, produit annuellement 80 000 *t* d'immondices ménagères et de boues de rues qui, jusqu'à présent, ont été vendues à des agriculteurs et utilisées comme engrais, soit immédiatement après qu'elles ont été recueillies, soit après avoir été mises en dépôt à Neder-over-Humbeck, durant certaines périodes, lorsque les demandes sont nulles.

Des raisons diverses, d'ordre économique et hygiénique, sur lesquelles il est inutile d'insister ici, ont amené la ville à renoncer pour l'avenir à cette solution et à se préoccuper d'assigner une nouvelle organisation au service de la Ferme des boues.

Dès 1891, on songea à incinérer les immondices; un four d'essai fut

construit à l'établissement de la Ferme et donna des résultats satisfaisants ; il fut établi que les immondices, après séparation préalable des matières immédiatement utilisables, brûlent sans addition d'aucun combustible et que la désinfection des matières ayant passé au four est complète.

L'idée, abandonnée pendant quelques années, vient d'être reprise et soumise par un rapport très documenté de M. l'échevin Leurs, au Conseil communal qui y a donné son approbation.

L'usine d'incinération sera construite sur des terrains appartenant à la ville, à l'angle des quais de Willebroek et de la Voirie ; elle sera établie d'après le système Horsfall, appliqué à Zürich, à Berne, etc., et qui a remplacé dans nombre de villes anglaises les procédés antérieurement adoptés. L'installation comportera quatre massifs de six cellules munies d'un appareil à tirage forcé. Ces massifs seront groupés autour des carneaux centraux de prise d'air et d'évacuation des gaz produits par la combustion. Ceux-ci seront utilisés, à la sortie des carneaux, au chauffage de deux groupes de deux générateurs à vapeur, mesurant chacun 90 m^2 de surface de chauffe et susceptibles de fournir la force motrice nécessaire au service des fours et à la marche des machines et outils divers (dynamos, ponts élévateurs, broyeurs), qui formeront l'outillage mécanique de l'usine ; ils traverseront ensuite, avant d'être déversés dans l'atmosphère, deux collecteurs de poussières du système Horsfall, où, par le simple effet de la gravité, ils se débarrasseront de toutes les matières solides qu'ils auraient pu entrainer avec eux, par suite du tirage forcé ou au moment de l'escarbillage ; ces appareils appliqués à l'usine Horsfall d'Édimbourg donnent, parait-il, de très bons résultats. Enfin, après cette opération, ils échapperont dans l'air par une cheminée de 35 *m* de hauteur.

En marche normale, on n'incinérera que les ordures ménagères proprement dites, qui représentent par jour un poids de 180 *t* ; la partie des immondices formée de fumier, de terre, de balayures de rue, constitue un engrais relativement riche que l'on continuera à vendre comme par le passé. Toutefois, et il importe d'insister sur ce point, on a prévu la possibilité de détruire, en marche forcée, l'intégralité des matières recueillies par les voitures de la Ferme des boues (déchets ménagers et balayures des rues), ce qui peut devenir nécessaire en temps d'épidémie.

Le produit de la combustion, qui se fait sans addition de combustible, à une température de 600 à 800°, se présente sous forme de scories, dont le volume total est d'environ 25 0/0 du volume des matières incinérées.

Ce résidu sera concassé, puis broyé ; réduit en poudre, on l'utilise avec succès, à ce qu'il parait, pour la confection des mortiers. La ville de Hambourg en trouve un écoulement si facile, que durant neuf mois sur douze, elle ne parvient pas à satisfaire toutes les demandes qui lui sont adressées.

D'après les prévisions, l'usine d'incinération proprement dite coûtera 450 000 *f*, se décomposant comme suit :

Fours	Fr.	250 000 *f*
Hangar couvert.		35 000
Cheminée		25 000
Chaudières.		36 000
Maçonnerie.		5 000
Ventilateurs et machines.		87 000

Le service des fours nécessitera une dépense annuelle, en salaires, de 54 000 *f* environ. L'installation complète de la nouvelle Ferme des boues est évaluée à 1 316 750 *f*, y compris la valeur du terrain estimée à 559 750 *f*. On compte que l'exploitation de la Ferme, service des fours compris, reviendra annuellement à 618 000 *f*.

Un forage remarquable. — Les circonstances dans lesquelles ont été opérés les travaux d'un forage de puits exécuté à Gainsborough par MM. Ebenezer Timmins et fils, de Runcorn, constituent un exemple curieux des difficultés qu'on peut rencontrer dans ce genre d'opérations. Nous empruntons les détails suivants à l'*Engineering*.

Le forage fut commencé en mars 1895. La portion supérieure du puits fut tubée sur un diamètre de 0,905 *m*, jusqu'à une profondeur de 9,30 *m*; au-dessous on tuba sur un diamètre de 0,76 *m* et une hauteur de 87,50 *m*, avec des tubes en fer assemblés à vis et formant une colonne pesant environ 28 *t*. Le trou étant foré au diamètre de 0,915 *m*, l'espace annulaire restant autour du tube, était après rempli en béton pour empêcher l'accès des eaux d'infiltration du sol de nature marneuse. Le forage fut continué au diamètre de 0,61 *m*, jusqu'à la profondeur de 220,80 *m*, lorsque le 1er avril 1897, il arriva un accident qui amena la suspension des travaux pendant deux ans et qui, sans la patience et la persévérance que déployèrent les entrepreneurs, eût conduit à l'abandon de l'opération.

A l'endroit où finissent les marnes et où commence le grès, ce qui marque la limite entre les terrains perméables et imperméables, la stratification est très tourmentée. A la date que nous avons indiquée plus haut, le trépan du poids de 2 300 *kg* qui était suspendu à un câble pesant 1 500 *kg*, s'engagea dans le terrain et dans les efforts qu'on fit pour le retirer, le câble se rompit, laissant l'outil au fond avec 150 *m* de câble enroulé au-dessus et remplissant le puits jusqu'à une profondeur de 90 *m* au-dessous du niveau du sol.

Le cas était très difficile et nécessitait beaucoup d'énergie et d'intelligence. On employa des outils spéciaux pour pêcher le câble et on parvint plusieurs fois à le saisir, mais il cassa chaque fois; on finit toutefois par le retirer, mais sans le trépan. Des mois s'étaient écoulés depuis l'accident, et des parties de terre étaient tombées sur l'outil, s'étaient tassées et avaient fini par l'enrober complètement. On essaya de le dégager au moyen de fortes tringles en fer, mais sans succès. Les entrepreneurs se décidèrent alors à agrandir le forage à 0,90 *m* de diamètre depuis la profondeur de 97 *m* jusqu'à l'endroit où se trouvait le trépan, ce qui fut exécuté avec succès. Le plus difficile fut d'opérer cet élargissement autour de l'outil qui avait 9,40 *m* de hauteur. On y arriva avec de

grandes précautions et en employant un outil de forme spéciale de 13,5 *m* de longueur.

Enfin, en janvier 1899, le trépan étant bien dégagé tout autour, on essaya de nouveau de le retirer en se servant de fortes tiges de fer de 210 *m* de longueur et, le 25 janvier, on l'accrocha et on exerça des efforts gradués grâce auxquels, le 27, au soir, le déplacement devint manifeste. On continua à tirer doucement et le 28, à la chute du jour, après près de 22 mois, l'outil perdu englobé dans une masse de marne, fut ramené à la surface.

On continua le forage jusqu'à la profondeur de 236 *m* et on le tuba jusqu'en bas au diamètre de 0,46 *m* et on décida de remplir le vide circulaire restant autour des tubes avec un mortier de ciment de Portland et de sable. On continua ensuite au diamètre de 0,46 *m* jusqu'à la profondeur de 328 *m* où le diamètre fut réduit à 0,38 *m* jusqu'à la profondeur de 462 *m* qui fut atteinte le 2 juillet 1900 où, en présence de l'apparition de marnes permiennes dans le grès, on résolut de s'arrêter. On descendit alors une colonne de tubes de 103 *m* de longueur sur 0,38 *m* de diamètre, cette portion étant percée de trous dans la partie correspondant au grès. Les conditions géologiques rencontrées sont donc une couche de 210 *m* de marnes imperméables recouvrant des lits de nouveau grès rouge qui viennent affleurer à une distance de 12 kilomètres environ.

Explosions de volants. — Nous trouvons dans un mémoire lu par M. A. H. Manning devant l'*American Association for the Advancement of Science*, d'intéressants détails sur la question des volants.

L'auteur expose que dans les trois années 1892, 1893 et 1894, il y eut aux États-Unis une véritable épidémie sur les volants; il en éclatait au moins un grand par mois, sans parler de ceux de moins de 3,60 *m* de diamètre; tous ces volants étaient en fonte et la plupart étaient brisés par suite de l'emportement de la machine. Depuis cette époque, ce genre d'accident est devenu beaucoup plus rare et on ne le constate plus guère qu'à d'assez rares intervalles.

Les volants servent quelquefois d'organe de transmission par courroie ou engrenage, mais c'est toujours la force centrifuge qui en amène la rupture. Il est certain que la fonte constitue une très mauvaise matière pour la confection des volants. On ne se sert pour ainsi dire plus de la fonte pour les ponts où cependant elle travaille à la compression, son emploi est donc tout à fait illogique pour les volants où c'est sa résistance à la traction qui est en jeu. On peut prévoir l'époque où on ne fera plus de volants en fonte.

Pour les transmissions par courroies, une vitesse de 25 *m* par seconde est très convenable et, à cette vitesse, un volant en fonte bien établi présente une belle marge de sécurité, mais, malgré les précautions prises, toute machine à vapeur est sujette à s'emporter pour une cause ou pour une autre et, comme l'effort de rupture croît comme le carré de la vitesse, il suffit de quelques secondes pour réduire à zéro un facteur de sécurité de 5 à 6.

A poids égal, une jante en bois de pin a beaucoup plus de résistance qu'une jante en fonte: une expérience de dix ans a convaincu l'auteur

que, pour des machines tournant à 100 tours au plus, cette solution est la plus sure. Un volant en fonte de 9,15*m* de diamètre éclata en octobre 1891 à Manchester, N. H. et fut remplacé par un volant à jante de bois qui existe encore aujourd'hui dans d'excellentes conditions. On a établi depuis, plus de 20 volants de 6,10 *m* à 9,15 *m* de diamètre à jante de bois et aucun n'a donné lieu au plus léger inconvénient, bien que plusieurs aient été à l'occasion plus ou moins submergés par des crues. Lorsque la vitesse des machines est supérieure à 100 tours par minute, pour ne pas dépasser la vitesse tangentielle de 25 *m* par seconde, le diamètre du volant ne doit pas atteindre plus de 4,90 *m*, c'est la limite inférieure à laquelle il est possible de faire une jante en bois. Au-dessous de ce diamètre, on peut faire des jantes en tôle, ainsi l'auteur en a fait une de 24 tôles de 12,5 *mm* d'épaisseur et 0,76 *m* de largeur, qui a donné d'excellents résultats. En Allemagne on a construit des volants marchant à des vitesses tangentielles de 50 *m* et même plus par seconde en enroulant du fil d'acier à section carrée sur une jante en fonte et les résultats ont été, parait-il, très satisfaisants.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1901.

Rapport de M. ED. SIMON sur un **appareil protecteur pour les scies circulaires**, par M. L. BRULIARD.

Cet appareil, comme beaucoup d'autres d'ailleurs, se compose essentiellement d'un chapeau de sûreté qui ne découvre la denture qu'en présence du bois à débiter, mais il s'en différencie en ce qu'une pièce, dite *avertisseur*, frappe sur les doigts de l'ouvrier et le prévient que sa main se trouve à une faible distance de la lame de la scie. Ce système est sanctionné par une pratique d'une douzaine d'années.

Rapport de M. ED. COLLIGNON sur **le Tour elliptique** de M. VRIGNAULT.

Ce tour est basé sur le principe même des dispositifs connus en cinématique sous les noms d'engrenages de La Hire et de parallélogramme d'Evans, c'est-à-dire que, lorsque les extrémités d'une ligne de longueur fixe glissent sur deux droites se coupant à angle droit, tout point de la première droite décrit une ellipse qui a les directrices pour axes et leur croisement pour centre. Nous ne saurions donner une idée des dispositifs de l'appareil sans le secours des figures qui accompagnent le rapport.

Rapport de M. ED. COLLIGNON sur **la pompe centrifuge** de M. MARCHAND-BEY.

Cette pompe est caractérisée par des précautions prises pour recueillir les filets fluides à la sortie des aubes au moyen de canaux directeurs qui les font converger vers l'entrée du tuyau destiné à les recueillir. L'auteur a fait une application de cette pompe à la propulsion des bateaux. Le rapporteur considère que les dispositions de cette pompe sont assez satisfaisantes pour qu'on puisse y reconnaître une amélioration des anciens appareils élévatoires.

Rapport de M. LINDET sur un **procédé permettant de rendre plus stable l'émulsion des globules butyreux** en vue de la préparation du lait stérilisé, par M. GAUTIER.

Ce procédé consiste à pulvériser le lait sous une pression de 250 *kg*, au moyen de pompes de compression qui le refoulent dans un réservoir où il pénètre par des ajutages d'injecteur de 0,8 *mm* d'ouverture. Le lait, reçu dans les carafes, est ensuite stérilisé à la manière ordinaire. Le principe de l'opération est que les globules butyreux sont réduits en 1/10 ou 1/20 de leurs dimensions réelles et tendent beaucoup moins à remonter à la surface du lait et ne crèment pas d'une façon sensible.

Les Marines de guerre modernes par M. L. de Chasseloup-Laubat (*suite*).

Cette partie est consacrée à la France.

Remarques sur **les appareils du block-system**, par M. Ed. Sauvage.

Les conclusions de l'auteur sont que, lorsqu'on fait l'étude d'un système de block, il est indispensable de prévoir que, soit dans certaines circonstances tout à fait exceptionnelles, soit même en service normal, avec des formalités spéciales, deux ou plusieurs trains peuvent se trouver engagés dans une section; il faut non seulement assurer avec sécurité le passage de ces trains, mais aussi se préoccuper particulièrement de la reprise du cantonnement régulier, après les dérangements d'appareils ou les dérogations autorisées au principe du bloc absolu.

Au point de vue des appareils mêmes, il faut remarquer que les conditions de bon fonctionnement des pédales et des contacts électriques sont très dures; il existe quelques types satisfaisants de ces appareils, mais si l'on en prévoit de nouveaux, il faut les étudier avec grand soin.

Étude expérimentale des **causes de la fragilité de l'acier**, par M. Ch. Fremont.

Un métal peut, essayé à la traction, montrer un allongement considérable et une striction bien prononcée et se rompre très facilement par pliage suivant un plan ou à peu près. L'auteur explique que cet effet de fragilité est dû à ce que le rapport de la limite d'élasticité à la traction à la limite d'élasticité à la compression est inférieur à l'unité, ou. pour être plus exact, que la capacité de déformation du métal par traction, est moindre que la capacité de déformation par compression dans les conditions de l'essai, de sorte que tous les artifices possibles capables de décéler la fragilité se ramènent toujours à l'un des deux suivants : gêner la compression ou favoriser la traction. On réalise cet effet par des entailles de formes et dimensions appropriées.

M. Fremont conclut de ses expériences que les essais de traction seuls, pas plus que les essais de compression seuls, ne suffisent à définir un acier. Les deux sont nécessaires et le pliage qui les réunit est un mode d'essai complet, à condition qu'on lui donne, par des artifices bien choisis, le degré de sensibilité convenable.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description de l'horloge de l'hôtel de ville de Philadelphie, dont le cadran, situé à 110 *m* de hauteur, à 7,50 *m* de diamètre, celle du foyer Munker, en essai à l'usine de Poutiloff, les essais d'un marteau pneumatique, d'après M. A. Ludicke, la description de divers systèmes de laminoirs, de la presse continue à coton de Swenson, et des remarques sur le compoundage des machines à vapeur, extraites de la communication de M. Compère à notre Société.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

TROISIÈME TRIMESTRE DE 1900.

Étude sur le **régime de la marée dans les estuaires et dans les fleuves**, par M. Bourdelles, inspecteur général des ponts et chaussées.

Divers savants ont cherché à étudier théoriquement le régime des marées, mais la théorie, fût-elle parfaite, ne resterait pas moins insuffisante pour résoudre les problèmes complexes que ce régime soulève dans la pratique, car on n'y rencontre pas le canal indéfini idéal que ces savants envisagent pour les besoins de la théorie, mais bien des cours d'eau avec un lit plus ou moins accidenté et d'une longueur presque toujours inférieure à celle de l'onde-marée qui les parcourt. D'ailleurs l'hydraulique ne permet guère de définir les lois de l'écoulement que dans le cas le plus simple du mouvement uniforme et reste impuissante lorsque le mouvement permanent n'est plus uniforme et, *a fortiori*, lorsqu'il cesse d'être permanent, comme dans la marée. On doit alors recourir à l'observation des faits naturels pour analyser les phénomènes et se rendre compte de leur action. Le mémoire a pour objet d'étudier les marées en examinant successivement leurs manifestations dans les circonstances les plus caractéristiques.

L'influence des dispositions du bassin où se propage la marée est mise en évidence par trois exemples : le canal de Suez dans la partie qui s'étend entre la mer Rouge et les lacs Amers, le Bahiret el Bou Grara, en Tunisie, et le Morbihan qui forme, comme on sait, une petite mer intérieure. Ces exemples font voir l'influence de l'embouchure et les circonstances et indices qui marquent les degrés de son insuffisance.

Le mémoire discute ensuite l'influence de l'énergie de l'onde et du frottement en se basant sur divers exemples, puis la distribution des vitesses suivant la verticale dans les courants de marée, et passe ensuite à l'étude des embouchures des fleuves à marée et leurs abords extérieurs, puis de l'intérieur des fleuves et des estuaires.

Nous ne saurions reproduire *in extenso* les conclusions de cet important travail, mais elles peuvent se résumer dans l'indication suivante, qui n'a toutefois, de l'aveu même de l'auteur, que la valeur d'un desideratum théorique : Pour utiliser au mieux l'énergie de l'onde fluviale, il faut la concentrer, autant qu'il est possible, dans un chenal unique, rectiligne, long et profond, limité entre deux digues insubmersibles, et ayant des sections voisines de la forme rectangulaire, dont l'aire doit décroître progressivement de l'aval à l'amont, suivant une loi déterminée par les circonstances locales.

Travaux d'extension du **service des eaux de la ville de Lyon**, par M. Eugène Résal, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le service des eaux de Lyon, concédé à la Compagnie générale des Eaux et inauguré en 1852, se montra rapidement insuffisant et on dut

se préoccuper de son extension. Cette extension, d'après un programme dressé en 1889, était divisée en deux parties, dont la première fut exécutée de 1892 à 1895, et dont la seconde fait l'objet du présent mémoire.

Cette partie comprend des puits de captage foncés sur la rive gauche et au bord du Rhône, une usine élévatoire située au Grand-Camp, une canalisation et un réservoir.

Les puits, au nombre de trente-huit, sont calculés pour fournir chacun 17 *l* par seconde; ils ont été foncés, à l'air comprimé, dans les graviers et sables qui constituent les berges du Rhône; chacun a coûté en moyenne 4 000 *f*. Ils sont réunis par un collecteur formé d'une conduite en fonte, qui communique par une tubulure avec chacun d'eux. Il est disposé en siphon, c'est-à-dire est formé de deux siphons indépendants; la longueur totale est de 1 850 *m*; le prix s'est élevé à 173 000 *f*, soit environ 93,50 *f* par mètre courant.

L'usine élévatoire comprend cinq chaudières semi-tubulaires, avec bouilleur-réchauffeur, timbrées à 8,5 *kg*, et ayant chacune 190 m^2 de surface de chauffe; cinq machines horizontales donnant 120 *ch* chacune en marche normale à 32 tours par minute et 175 au maximum. Les pompes, à double effet du type Girard, sont mues par le prolongement des tiges de piston des cylindres à vapeur. On a trouvé aux essais un rendement en volume de 98 0/0, un rendement organique de 82,5 0/0 entre le travail en eau montée et le travail indiqué et une consommation de combustible à 15 0/0 de cendres par heure et par cheval en eau montée de 0,935 *kg* par heure, ce qui donnerait une consommation de 0,773 *kg* par cheval-heure indiqué.

On peut citer comme intéressant que l'usine de Grand-Camp possède un moteur auxiliaire de 12 *ch* destiné à faire fonctionner divers engins auxiliaires, tels qu'une pompe à vide pour amorcer les siphons et une pompe centrifuge destinée à divers épuisements. L'usine est éclairée à l'électricité, et une particularité à noter est que la dynamo qui fournit le courant est actionnée par une turbine mue par de l'eau prise sur la conduite de refoulement. Cette solution, qui paraît étrange à première vue, est en réalité plus économique que si on employait une machine à vapeur spéciale et elle est en réalité plus simple. Les chaudières, machines et pompes ont coûté à forfait 630 000 *f*, ce qui correspond à 1 050 *f* par cheval, en comptant 125 *ch* par appareil.

La canalisation comprend une conduite générale de 1 *m* de diamètre et 6 700 *m* de longueur et diverses conduites de 700, 600 et 900 *mm* de diamètre se branchant sur la première et parcourant les voies publiques de première importance; c'étaient ces conduites qui manquaient pour assurer l'alimentation des conduites de service des rues. Cette canalisation est en fonte frettée provenant des usines de Pont-à-Mousson. La conduite en fonte frettée est revenue, toute posée, à 130,40 *f* le mètre courant; la fonte nue aurait coûté, dans les mêmes conditions, 93 *f*, mais l'augmentation de prix n'est pas payée trop cher par l'accroissement de sécurité dû à la présence des frettes.

Un réservoir a été établi sur la colline de Bron; il est entièrement en élévation et même le radier se trouve à une certaine hauteur au-dessus du sol naturel; ce radier est constitué par des voûtes d'arête dont l'épais-

seur à la clé est de 0,50 *m*; les murs de pourtour sont en béton et la couverture est formée de voûtes en berceau reposant sur des piliers; le réservoir est rectangulaire et divisé en deux parties séparées par un mur.

La dépense totale des travaux dont nous venons de donner une idée s'est élevée à 3 400 000 *f* en nombres ronds.

Note sur le souterrain des Echarmeaux, ligne de Paray-le-Monial à Lozanne, par M. Pouthier, Ingénieur de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

La ligne de Paray-le-Monial à Lozanne est construite dans les conditions des voies à circulation intense, avec des déclivités maxima de 11 0/00 et des rayons minima de 400 *m*, car elle a pour but d'établir une nouvelle communication entre les deux groupes de lignes du Bourbonnais et de la Bourgogne. Aussi a-t-elle entraîné la construction d'ouvrages d'art importants, savoir un viaduc de 60 *m* de hauteur et 561 *m* de longueur, franchissant la dépression de Massy et le souterrain des Écharmeaux, qui traverse le col du Perron.

Ce souterrain, qui fait l'objet de la présente note, a une longueur de 4 152 *m*. Il est en rampe de 4 1/2 0/00 sur 2 551 *m* de longueur et redescend ensuite à raison de 2 1/2 0/00 sur les 1 601 *m* restant; cette double pente vers les extrémités assure l'écoulement des eaux.

A la rencontre des deux déclivités se trouve un puits d'aérage de 96 *m* de hauteur.

Le souterrain a 8,20 *m* de largeur aux naissances et 6,60 *m* de hauteur au-dessus de la plate-forme; la voûte est en plein cintre.

Le terrain traversé est entièrement constitué par une roche porphyrique dure qu'on appelle le tuf orthophyrique. Il n'a été nécessaire de faire de revêtement que sur une faible longueur où se présentaient des failles. Les délits des roches traversées ont donné lieu à des infiltrations qui ont causé des difficultés d'exécution.

Le travail, divisé en deux lots dont l'un était confié à notre collègue M. Joseph Allard, a été attaqué par une galerie de faîte et par la perforation mécanique à l'air comprimé; on se servait comme explosifs de la poudre Favier n° 1, de la dynamite-gomme et de la dynamite ordinaire suivant les parties. Les boisages, vu la nature du terrain, ont été peu importants.

L'air comprimé était fourni au premier lot par des compresseurs à double effet actionnés par deux machines de 25 *ch* recevant la vapeur à 6 *kg*, de deux chaudières à foyer intérieur de 40 m^2 de surface de chauffe. Les perforatrices au nombre de quatre par front d'attaque étaient du système Ferroux.

Au second lot, on a employé deux compresseurs type Colladon actionnés directement par autant de machines à vapeur, l'un de 100 *ch*, l'autre de 60, la vapeur était fournie à 8 *kg* par deux chaudières semi-tubulaires avec deux bouilleurs des ateliers Biétrix à Saint-Étienne. A chaque front d'attaque, on avait quatre perforatrices Ferroux.

Au premier lot, les déblaiements s'opéraient, aux divers étages, par cunettes en front d'attaque, les déblais étant versés d'un étage dans l'autre, tandis que, dans le second lot, on opérait par cunettes latérales,

raccordées par des rampes de sorte que les déblais n'avaient pas a rompre charge du lieu d'extraction à la décharge. La comparaison du travail effectué dans les deux lots fait voir qu'on a gagné du temps avec la seconde méthode et que la dépense a été moins élevée.

La durée des travaux a été de trois ans et demi, la dépense totale s'est élevée à 7 792 000 *f*, ce qui donne 1 859 *f* par mètre courant non compris le puits d'aérage et 1 876 *f*, en comprenant ce puits.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Janvier 1901.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 5 janvier 1901.

Conférence de M. Bartholin sur les **Événements de Chine.**

Cette conférence présente d'autant plus d'intérêt que M. Bartholin a pris part à la défense des légations de Pékin, mais elle n'a aucun caractère technique, nous ne ferons donc que la mentionner.

Communication de M. Verney sur **des essais sur des ventilateurs.**

Il s'agit du rapport de la Commission anglaise chargée d'étudier les ventilateurs, commission nommée par un certain nombre de Sociétés d'Ingénieurs. Elle a étudié douze ventilateurs, choisissant six mines où deux ventilateurs de construction différente pouvaient aérer les mêmes travaux en fonctionnant exactement dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus sont consignés dans des tableaux.

Il est intéressant de mentionner que le plus haut rendement d'un ventilateur et de sa machine a été donné par un ventilateur Guibal qui a donné 55 0/0.

Ces expériences présentent un grand intérêt.

Le soin avec lequel elles ont été faites leur donne une autorité sérieuse. On peut toutefois émettre le regret qu'elles n'aient porté que sur des types d'appareils qui tendent à être abandonnés, du moins sur le continent.

Production houillère de la Loire en 1899 et en 1900.

La production totale s'est élevée en 1900 à 3 815 889 *t* en augmentation de 5 941 *t* sur l'année précédente. Le chiffre le plus élevé est atteint par les mines de Roche-la-Molière et Firminy qui ont produit, en 1900, 963 000 *t*, puis viennent les mines de Montrambert et la Béraudière avec 700 000, les mines de la Loire avec 570 000, les houillères de Saint-Étienne avec 588 000 ; ces quatre sociétés ont produit les trois quarts de la production totale de la Loire.

Production houillère du Nord et du Pas-de-Calais en 1899 et en 1900.

Le bassin du Pas-de-Calais a donné en 1900 : 14 900 000 *t* en nombre rond, en augmentation de 380 000 sur l'année précédente. Dans ce chiffre les mines de Lens entrent pour 3 150 000 *t*.

Le bassin du Nord a produit, en 1900, un total de 5 995 000 *t* en diminution de 37 000 *t* sur 1900. Les mines d'Anzin figurent dans ce chiffre pour 3 105 000 et les mines d'Aniche pour 1 161 000, soit à elles deux les sept dixièmes de la production totale du bassin.

Les deux bassins ont donc donné en 1900 un total de 20 884 000 *t*, en augmentation de 343 000 *t* sur 1899.

Février 1901.

District de Paris.

Séance du 19 novembre 1900.

Communication de M. Ferdinand Gautier sur **quelques progrès dans la métallurgie de certains métaux autres que le fer.**

L'auteur s'occupe particulièrement ici d'une méthode générale, nouvelle en métallurgie et peu ou point connue en France, s'appliquant au cuivre, au cobalt, à l'or et à l'argent ; c'est ce qu'on peut appeler la métallurgie sulfureuse. Elle s'appuie sur l'affinité du soufre pour les métaux que nous venons d'indiquer et sur le pouvoir calorifique de ce métalloïde quand il s'oxyde. Cette méthode a été développée par M. Laurence Austin qui a déployé beaucoup de persévérance pour surmonter les difficultés très sérieuses qui s'opposaient à la mise en pratique.

Cette communication donne lieu à une discussion très développée dans laquelle les avantages de la métallurgie sulfureuse ont été contestés.

Communication sur une **soufflerie automatique pour chalumeau de voyage,** par M. Champigny.

Il s'agit d'un appareil formé de deux flacons ou, au besoin, de deux carafes avec lesquelles un écoulement d'eau produit un courant d'air qui agit dans le chalumeau. Cette disposition très simple supprime une des objections les plus graves à l'emploi du chalumeau qui est fort utile dans les voyages d'exploration pour l'analyse chimique des échantillons recueillis.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 2 février 1901.

Communication de M. Faure sur **différents types de barrières automatiques** employées aux houillères de Saint-Étienne.

Note de M. Mayençon sur l'**existence du bore dans la houille et le terrain houiller** du bassin de Saint-Étienne.

L'auteur a constaté la présence du bore à l'état de borates dans la houille, le grès houiller, les schistes, scories de fours, brai sec, etc. Il

mouille les fragments de ces matières avec une dissolution de chlorure d'ammonium et quelques gouttes d'ammoniaque, afin d'avoir une liqueur légèrement alcaline, puis on soumet le mélange à l'électrolyse. En très peu de temps, si la pile est montée à neuf, la cathode se recouvre d'un dépôt noir contenant du bore libre.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *2 mars 1901.*

Appareils de levage à manœuvre électrique par P. Uellner.

Exposition universelle de 1900. — Les machines à vapeur par M. F. Gutermuth *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Groupe de Dresde. — Emploi de l'air comprimé. — Joints des rails.

Groupe du Rhin moyen. — Analyse des gaz.

Revue. — Pont suspendu sur l'East River. — Gare souterraine du chemin de fer électrique surélevé à Berlin. — Statistique des chemins de fer électriques en Allemagne. — Progrès du matériel roulant des chemins de fer français depuis 1889 (1). — Chaudière à foyer ondulé pour locomotives.

N° 10. — *9 mars 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Moteurs à explosion, par Fr. Freytag *(suite).*

Expériences sur la résistance des billes et des rouleaux, par Schwinning.

Entrepôts de grains du port de Dortmund, par G. Meinhard.

Résistance des tubes de niveau d'eau, par O. Schott et M. Herschkowitsch.

Frottement des huiles de graissage aux températures élevées, par S. Kapff.

Groupe de Hanovre. — Quelques nouvelles installations de transport électrique de force. — Eau d'alimentation de chaudières. — Éclairage au gaz aérogène.

Bibliographie. — Billes et rouleaux, par M. R. Zechlin. — Construction des machines marines, par H. Wilda.

Revue. — Visites à l'Exposition de Paris : les transmissions par courroies. — Le wharf du Lloyd de l'Allemagne du Nord à Hoboken, près New-York. — Appareil pour le dressage des rebords des trous d'homme elliptiques. — Appareil pour le mandrinage des tubes de chaudières.

(1) Extrait du discours de M. le Président Baudry dans la séance du 4 janvier dernier.

N° 11. — *16 mars 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Les machines à vapeur, par M. F. Gutermuth *(suite).*

Calcul du poids des volants des moteurs à explosion, par H. Güldner, Segments à tension propre pour pistons, par K. Reinhardt *(fin).*
Les clapets pour souffleries, par Majert.

Groupe de Berlin. — Variétés sur l'Exposition de Paris.

Groupe de Francfort. — Exposition de superstructure de chemins de fer.

Bibliographie. — Manuel de sondage par Th. Tecklenburg.

Revue. — Appareil à couler les gueuses de fonte. — Manutention des rails. — Relaminage des vieux rails. — Locomotive à marchandises du chemin de fer de Schantung. — Paquebot Transatlantique *Celtic.* — Lumière à incandescence par l'osmium et lumière à arc électrolytique.

N° 12. — *23 mars 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Les machines frigorifiques, par R. Schöttler.

L'utilisation du calorique dans les machines à vapeur, par W. Lynen.

Calcul des volants des moteurs à explosion par H. Güldner *(fin).*

Exposition universelle de 1900. — Les chaudières à vapeur, par M. F. Gutermuth.

Bibliographie. — Manuel de cinématique, par F. Reuleaux.

Revue. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1900. — Installation de conduites postales de la Batcheller Pneumatic Tube Cy. — Le développement de la construction des turbines considéré comme conséquence des progrès de l'électrotechnique. — Modification des gaz aux pressions élevées. — Statistique des chemins de fer électriques dans la Grande-Bretagne. — Blutoir sans tamis.

Correspondance. — Influence des pliages et redressements sur les propriétés résistantes de l'acier.

Pour la Chronique et les Comptes rendus:
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

I[re] SECTION

Les Chemins de fer de montagne, par M. P. Medebielle (1).

Notre collègue, M. P. Medebielle, a bien voulu offrir à la bibliothèque de la Société une intéressante notice portant le titre qui précède. C'est un mémoire présenté au Congrès national des Travaux publics français à sa réunion de l'année dernière à Paris.

L'auteur désigne sous le nom de chemins de fer de montagne les lignes pour lesquelles il est nécessaire d'avoir recours à des procédés spéciaux de traction et d'adhérence pour dépasser les limites ordinaires de déclivité qu'il croit pouvoir fixer à 20 0/0 pour les grandes lignes et à 50 pour les voies ferrées ordinaires d'intérêt local.

L'emploi de la traction électrique sous forme de voitures automobiles, avec prise extérieure de courant permet d'utiliser l'adhérence dans des limites très supérieures qui peuvent aller jusqu'à 100 0/00.

Ce mode de traction est illustré par l'exemple du chemin de fer électrique de Pierrefitte à Cauterets qui est en exploitation depuis avril 1899, il a 12 kilomètres de longueur et une seconde section, de Pierrefitte à Luz-Saint-Sauveur, va être ouverte très prochainement.

Au delà de la limite que nous venons d'indiquer, de 100 0/00, on doit recourir à l'adhérence artificielle, dont la seule forme employée pratiquement est la crémaillère. Le mémoire donne la description des cramaillères bien connues de Riggenbach, d'Abt, de Locher, de Strub et décrit l'application qu'on se propose de faire de ce mode de traction au chemin de fer électrique du Pic du Midi de Bigorre avec des déclivités maxima de 300 0/00 et des rayons minima de 65 mètres. Ce chemin de fer sera le prolongement du tramway électrique de la Bigorre.

Vient ensuite l'étude des chemins de fer funiculaires illustrée par l'application de ce système à la ligne du Grand Jer de Lourdes, actuellement en exploitation et qui, sur une longueur de 1 250 *m* rachète une différence de niveau de 470 *m* au moyen de déclivités allant jusqu'à 0,56 *m* par mètre. Ce funiculaire est à traction électrique; comme à celui du Stanserhorn que nous avons décrit dans la chronique de février 1894, la crémaillère est remplacée, comme moyen d'arrêt et de réglage de la descente, par des pinces qui embrassent les rails et sont serrées par des vis à filets inverses. Cette ligne comporte un viaduc en maçonnerie de 200 *m* de longueur et 18 *m* de hauteur.

Le chapitre suivant est consacré aux chemins de fer aériens sur câbles avec description détaillée de l'application faite au porteur aérien qui a

(1) In-8° 240 × 160 de 41 p. Paris, Librairie et Imprimerie horticoles, 1900.

servi aux travaux du funiculaire du Grand Jer pour le transport des matériaux : sable, chaux, briques, pierres, etc.

La dernière partie traite des chemins de fer monorails qui peuvent être considérés comme la dernière ramification des chemins de fer secondaires et des voies industrielles ou agricoles; on y trouve la description succincte de quelques systèmes, entre autres du chemin de fer suspendu bien connu de Barmen-Elberfeld.

Le but de l'auteur, dans l'étude dont nous venons de donner une idée, est d'appeler l'attention sur les divers systèmes qu'il a décrits au point de vue de la construction et de l'exploitation économique des voies de pénétration dans les vallées pyrénéennes et la mise en valeur des richesses qu'elles renferment. Cette question est développée dans un mémoire de notre collègue également présenté au Congrès national des Travaux publics français sous le titre de : *Les Transpyrénéens* où est, notamment traité le sujet des nouvelles communications à établir entre la France et l'Espagne à travers les massifs montagneux qui les séparent.

A. Mallet.

IVe SECTION

Nos collègues, M. Aulanier, éditeur de *la Construction moderne*, et M. Charles Lucas, architecte, ont offert à la Société des Ingénieurs Civils de France une **Étude sur les Habitations à bon marché en France et à l'Étranger** (1), venant bien à son heure pour faciliter à tous, ingénieurs et architectes, constructeurs et propriétaires, capitalistes même, la connaissance de tout ce qui est essentiel dans cette grande question sociale, aujourd'hui de premier ordre : *le logement salubre et économique du plus grand nombre*.

L'auteur de l'ouvrage, M. Ch. Lucas, Membre du Conseil de la Société française des Habitations à bon marché depuis la fondation de cette Société, au lendemain de l'Exposition de Paris en 1889, était bien placé pour recueillir des documents variés et autorisés, puisés en partie dans les riches archives de cette Société et les nombreuses relations que notre confrère possède en France et à l'étranger, grâce à la place importante qu'il a tenue depuis plus de trente années dans les congrès internationaux d'architectes ou de savants, ont facilité sa tâche et donné à son œuvre le double caractère d'authenticité et de généralité qui en font un véritable *Manuel pratique des Habitations à bon marché*.

En outre, la genèse spéciale de cet ouvrage en a encore assuré la bonne composition et l'heureux développement.

Depuis quelques années, M. Ch. Lucas a publié dans *la Construction moderne* des descriptions avec figures de types divers d'habitations à bon marché : aussi, lorsque M. Aulanier lui a demandé une étude d'ensemble sur le sujet, il n'a eu, reprenant et mettant au point ses études

(1) Un volume in-8°, 275×175, de 354 p. avec 151 fig. Paris, Aulanier et Cie, 1899.

antérieures, qu'à les compléter par un *Essai historique* rappelant les conditions dans lesquelles des habitations à bon marché ont été élevées depuis l'antiquité jusqu'à nos jours et combien elles se sont multipliées pendant la dernière moitié du XIXe siècle, en même temps qu'à y ajouter des *Documents législatifs et administratifs*, à la promulgation récente desquels la question des habitations à bon marché doit d'avoir fait de si grands progrès pendant ces dernières années.

Les ingénieurs et les architectes s'intéressent surtout aux nombreux types de *blocs* ou *maisons à étages* et de *petites habitations familiales* isolées ou groupées, décrits par l'auteur; mais les propriétaires et les capitalistes prendront un égal intérêt au prix de revient et aux données de location et de vente de ces dernières, à la constitution des Sociétés ayant pour but leur édification et aussi aux articles de loi et aux statuts de l'assurance sur la vie permettant, dans certains cas, d'éviter la vente toujours fort onéreuse quand il s'agit d'un immeuble de faible valeur, quoique représentant parfois plus de vingt années d'économie de la part de son propriétaire.

Nous voulons, avant de terminer, citer quelques-uns des types reproduits, avec figures et prix, tant en France qu'à l'étranger.

Parmi les maisons à étages : les immeubles de la Société Philanthropique et la maison collective à petits loyers de M. Aulanier, à Paris ; la Ruche, à Saint-Denis; les logements économiques, à Lyon, et les petits logements, à Rouen; les Gatliff Buildings et le quartier neuf de Boundary Street, œuvre du London County Council, à Londres; l'hôtel Louise, hôtel meublé pour hommes seuls, à Micheroux (Belgique); les logements ouvriers de Copenhague et les habitations de New-York.

Parmi les petites maisons familiales, les habitations ouvrières de Passy-Auteuil, à Paris; la Ruche, à Saint-Denis; les maisons d'employés de la Compagnie du Chemin de fer du Nord, au Bourget, et les villas de la Compagnie du Chemin de fer de l'Ouest, à Colombes; les maisons de la Société havraise des Cités ouvrières et de la Ruche Roubaisienne; les habitations de la Société Belfortaise; le quartier ouvrier de la Capelette, près Marseille; les maisons de la Société Bordelaise; l'habitation du métayer-vigneron, à Saint-Lager (Rhône); les maisons du Gillé, à Ixelles (Belgique); les habitations allemandes dessinées par MM. Lambert et Stahl, de Suttgart, et les villas suburbaines de Homewood, près New-York.

Tous ces types et d'autres encore sont précieux à connaître : les uns par leur programme et par leur mode de construction, les autres par les conditions économiques qui ont présidé à leur création et, peut-être aussi, parce qu'il s'agit du logement rendu salubre et agréable, et comme tel véritable cadre et base de la vie de famille; mais une telle étude, faite en compagnie de M. Ch. Lucas, est bonne et utile à tous égards.

Fernand Delmas.

Ve SECTION

Électricité et optique, par H. Poincaré, Membre de l'Institut, 2e édition, revue et complétée par J. Blondin, agrégé de l'Université, et E. Néculcéa, licencié ès-sciences (1).

C'est un ouvrage dont il est impossible de faire un compte rendu en quelques lignes. Essayons cependant, par quelques traits, de le signaler aux personnes qui s'intéressent aux théories de l'électricité.

Dans une remarquable introduction, M. Poincaré cherche à faire revenir les lecteurs de l'œuvre de Maxwell des répugnances qu'ils ont éprouvées soit par le manque d'explications, soit par l'absence de théorie systématique. Il a pénétré, croit-il, la pensée de Maxwell (en tous cas, il nous en explique lumineusement l'utilité et la profondeur). Le savant anglais ne donne pas une explication unique et suivie de l'électricité et du magnétisme ; il en donne beaucoup et offre des voies nouvelles et fécondes bien que divergentes quelquefois. M. Poincarré démontre, en passant par les équations de Lagrange et en supposant la conservation de l'énergie, que si un phénomène physique peut recevoir une explication mécanique, ce phénomène peut en recevoir une infinité. Il voit là l'idée générale et inexprimée, le nœud peu apparent sans doute mais réel de l'œuvre de Maxwell. En conséquence de cette idée, celui-ci ne se prive pas de faire des hypothèses, auxquelles d'ailleurs il n'attache aucune valeur objective, pourvu qu'elles satisfassent aux conditions de la conservation de l'énergie ; de plus il ne fait aucun choix entre elles.

Dans son ouvrage, M. Poincarré explique les hypothèses de Maxwell ; il les compare entre elles et avec les théories mises en évidence à ce jour. Il le fait avec une sûreté de raisonnement et une clarté qui sont un attrait de son œuvre si ardue cependant. La première partie est consacrée à ces théories et à la théorie électromagnétique de la lumière (leçons faites en général en 1888-1890).

C'est d'abord la théorie de Maxwell sur le déplacement électrique et un fluide inducteur qui remplirait l'espace diélectrique isolant entre des conducteurs, et dont les déformations donneraient lieu à la variation d'énergie potentielle d'un système électrisé. C'est ce fluide incompressible et élastique qui se substitue aux deux fluides en usage généralement aujourd'hui dans la théorie des actions à distance. Les forces s'exerçant entre les conducteurs électrisés résultent des pressions, obliques ou normales, que la matière diélectrique exerce sur la matière pondérable.

Comme base de l'électromagnétisme, M. Poincarré adopte les lois expérimentales d'Ampère et de Faraday régissant l'action sur un pôle magnétique de deux courants de sens contraire, d'un courant sinueux, de courants d'intensités multiples. Il en déduit les formules de Maxwell et démontre son hypothèse fondamentale : l'assimilation d'un feuillet magnétique à un courant fermé.

C'est surtout dans l'étude des forces électromagnétiques d'induction que se révèle l'idée de Maxwell et qu'il semble possible de la concréter

(1) Un volume in-8° raisin de 632 pages et 62 gravures, Prix : 22 fr. (Georges Carré et C. Naud, éditeurs, Paris).

ainsi : explication des phénomènes électriques et des phénomènes électromagnétiques par le mouvement d'un fluide emplissant l'espace. Il n'y a pas lieu d'ailleurs de considérer deux fluides, l'un pour l'électricité, l'autre pour la lumière : le fluide diélectrique est le luminifère de Fresnel. La comparaison de la vitesse électromotrice et de celle de la lumière, la comparaison des indices de réfraction et du pouvoir inducteur des substances isolantes le prouvent. Mais ce qui est à remarquer, c'est que, si de toute théorie de l'électricité on peut déduire immédiatement une théorie de la lumière, la réciproque n'est pas vraie.

La première partie de l'ouvrage comprend bien d'autres choses, nous n'avons indiqué que ce qui nous a paru devoir surtout en marquer l'intérêt. La deuxième partie est l'électrodynamique des corps en mouvement, leçons faites en 1899.

A. GOUILLY.

Premiers principes d'électricité industrielle (1), par M. Paul JANET.

Voici certes un ouvrage qui sera bien accueilli par nos collègues parce qu'il répond à un besoin. Bien souvent on nous a posé cette question : pourriez-vous m'indiquer un traité d'électricité industrielle assez élémentaire pour me permettre de comprendre ce que c'est que l'électricité et comment on la produit.

Il appartenait à l'éminent professeur et savant qu'est M. Paul Janet, non pas de combler une lacune, car il existe un certain nombre de traités élémentaires bien faits, mais de présenter, sous une forme précise et élégante, ces premiers principes d'électricité industrielle qui sont indispensables à tous ceux qui veulent pénétrer plus avant dans l'étude des phénomènes électriques et de leurs applications.

Ceci dit nous ne pouvons mieux faire que de donner une analyse de cet ouvrage.

Après une introduction consacrée au principe de la conservation de l'énergie et à l'examen des différents générateurs et récepteurs d'énergie, l'auteur rappelle dans le chapitre I quelques principes de mécanique appliquée.

Le chapitre II traite du courant électrique ; nous y trouvons les notions de potentiel, d'intensités, de quantité d'électricité, etc., les lois d'Ohm et de Joule.

Les propriétés des générateurs et récepteurs sont examinées succinctement dans le chapitre III.

Avec le chapitre IV nous entrons dans le domaine des générateurs d'énergie électrique par l'étude de la pile.

Les accumulateurs viennent ensuite.

Dans le chapitre VI, M. Paul Janet a jugé utile d'étudier les trois points suivants qui sont indispensables pour comprendre le fonctionnement des machines dynamo-électriques :

1° Les aimants et leurs lois fondamentales ;

(1) Un volume, in-8°, 225 × 145, de x-280 pages avec 169 figures, 4e édition, chez Gauthier-Villars. Prix broché : 6 *f*.

2° Les relations qui existent entre les courants et les aimants;
3° La production des courants au moyen des aimants.

Les machines dynamo-électriques à courants continus font l'objet du chapitre VII.

Le chapitre suivant traite des machines dynamo-électriques à courants alternatifs.

L'ouvrage se termine par quelques indications générales sur les transformateurs.

G. Baignères.

Leçons d'électrotechnique générale, par M. Paul Janet (1).

M. Paul Janet, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'électricité a réuni en volume les leçons d'Électrotechnique générale qu'il professe depuis plusieurs années.

Cet ouvrage met en lumière la physiologie des machines, leurs propriétés essentielles et indépendantes des formes particulières, les circonstances les plus générales de leur marche. On n'y trouvera donc pas des descriptions détaillées de types industriels ou d'installations réalisées.

Après quelques chapitres consacrés aux généralités l'auteur passe en revue les propriétés des matériaux employés en électrotechnique, isolants, conducteurs, matériaux magnétiques.

Les chapitres VII à XI sont relatifs aux dynamos à courant continu. On y trouvera étudiés avec soin, les induits, les inducteurs, les étincelles aux balais et réaction d'induit, les caractéristiques et le couplage des dynamos. Les moteurs à courant continu et le transport électrique de la puissance mécanique terminent cette partie de l'ouvrage.

Avant d'aborder les machines à courants alternatifs, M. Janet donne des notions générales sur les fonctions harmoniques qu'il fait suivre de la théorie des courants alternatifs. Notons en passant l'application des quantités imaginaires au calcul des courants alternatifs.

Le chapitre XVI traite des alternateurs; les caractéristiques des alternateurs ainsi que l'étude de la réaction d'induit viennent après.

Dans les chapitres XIX et XX l'auteur examine les transformateurs dont le rôle est si important dans les distributions par courants alternatifs. Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude des moteurs synchrones et asynchrones. Le couplage des alternateurs, les courants triphasés et les générateurs et transformateurs polymorphiques terminent cet important ouvrage.

M. Paul Janet s'est attaché comme il l'a fait dans les *premiers principes d'Electricité industrielle* que nous analysons plus haut et dont les *leçons d'électrotechnique générale* forment la suite naturelle, à restreindre autant que possible les mathématiques; il suffit en effet de quelques notions de calcul différentiel et intégral pour comprendre ces leçons qui sont exposées avec une clarté très remarquable.

G. Baignères.

(1) Un volume in-8°, 250 × 165, de IX-608 pages avec 307 figures, chez Gauthier-Villars. Prix broché : 20 *f*.

La Théorie des Ions et l'Électrolyse, par M. Auguste Hollard, Chef du Laboratoire central de la Compagnie Française des Métaux (1).

Ces mots les « Ions » ne se présentent pas d'une façon bien nette à l'esprit de tous ceux qui n'ont pas suivi dans ses récents développements la physico-chimie. Il ne sera donc pas inutile de les définir ici et de rappeler très sommairement certains des points qui s'y rapportent. Cela sera d'ailleurs facile en faisant quelques extraits dans les premières pages du volume de M. Hollard.

Si l'on admet qu'un gaz est à l'état dissous dans ce fluide qu'on appelle l'éther, on peut appliquer aux solutions liquides certaines des lois relatives aux gaz, notamment les phénomènes de *pression* et de *dissociation*. C'est ainsi que Van't Hoff a montré que les molécules solides exercent au sein des solutions une pression qu'il a appelée *osmotique*. Arrhénius, en 1887, se fondant sur ce que cette pression osmotique donnait, par des mesures expérimentàles, des valeurs supérieures à celles qu'elle devait théoriquement avoir, a émis l'hypothèse suivante : Dans les solutions, les molécules constituant les corps sont au moins, en partie, dissociées en leurs éléments ; ces éléments sont les *ions*, auxquels on peut concevoir des propriétés constitutives spéciales. Une solution où cette dissociation est produite est conductrice d'un courant électrique ; celui-ci transporte les ions aux électrodes, il y a *électrolyse*.

Dans cette courte bibliographie, nous ne pourrions suivre plus loin l'auteur dans les différentes parties de son livre. Indiquons seulement les titres de celles-ci : la Constitution des électrolytes ; leur Conductibilité ; la Tension électrique nécessaire au bon fonctionnement de l'électrolyse ; l'Énergie en jeu dans ce phénomène. Chacune de ces parties est divisée en plusieurs chapitres.

Une série de notes leur forme un appendice.

Enfin près de vingt tableaux résument un nombre considérable de données numériques.

Tout en insistant particulièrement sur l'électrolyse par voie humide des sels métalliques sous l'action des courants continus, question sur laquelle il a publié de savantes recherches personnelles, M. Hollard a su exposer, d'une façon très claire, les grandes lignes des théories qui relient entre eux des phénomènes multiples et complexes.

Ce livre sera donc lu avec fruit par tous ceux qui désirent se rendre compte de l'état actuel des connaissances scientifiques relatives à cette question qui devient de jour en jour plus importante en théorie comme en pratique : l'électrolyse.

P. Jannettaz.

(1) In-8, 220×135, de 163 p., avec 12 fig. Paris, Georges Carré et C. Naud, éditeurs, 1900. Pr. rel., 5 fr.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 5382-3-01. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1901

N° 4.

OUVRAGES REÇUS

La Société a reçu pendant le mois d'avril 1901 les ouvrages suivants :

Agriculture.

RONNA (A.). — *L'Agriculture de l'avenir*, par M. A. Ronna (Extrait du Bulletin de janvier 1901 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (in-4°, 280×230 de 35 p. avec 30 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40737

Astronomie et Météorologie.

Annales de l'Observatoire météorologique, physique et glaciaire du Mont Blanc (altitude 4358 m). Publiées sous la direction de J. Vallot. *Tome IV. Tome V (planches du tome IV)* (in-4°, 270-220 de XIV-189 p. avec 61 pl.). Paris, G. Steinheil, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40786 et 40787

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. Nos 5 et 6. Tokyo, 1901 (2 vol. in-8°, 255×180 de 82 p. avec 20 pl. et de 181 p.). 40740 et 40741

Chemins de fer et Tramways.

CAFFIOT (H.). — *Guide général des transports. Première partie. Classification générale des marchandises commune à tous les réseaux* (Les Tarifs des chemins de fer expliqués par H. Caffiot). *1re année. N° 1, 1901* (in-f° 375×280 de 591 p.). La Garenne-Paris, Imprimerie typographique du Guide général des transports, 1901 (Don de l'auteur). 40785

Compagnie générale électrique de Nancy. Éclairage des voitures de chemins de fer, système C. Vicarino. Juin 1900 (in-4° 260×210 de 15 p.). 40793

1 Dossier format 420×340 contenant des photographies de locomotives (remis par M. Deghilage, M. de la S.). 40781

1 Dossier format 360×270 contenant des documents sur les locomotives de divers pays de 1850 à 1900 (remis par M. Deghilage, M. de la S.). 40782

1 Dossier format 360×290 contenant des documents sur les locomotives à l'Exposition de Vienne en 1873 (remis par M. Deghilage, M. de la S.). 40783

1 Dossier format 360×270 contenant des documents sur les locomotives à l'Exposition de 1878, à l'Exposition d'Anvers 1885 et sur le chemin de fer à crémaillère système Abt, 1888 (remis par M. Deghilage, M. de la S.). 40784

GALINE (L.). — *Exploitation technique des chemins de fer. Aménagement et outillage des gares. Signaux. Enclenchements. Mouvement des trains. Pratique du service*, par L. Galine (in-8°, 225×140 de x-704 p. avec 309 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40777

Report on Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia for the Year ending September 30, 1900, by Martin Murphy (in-8°, 250×165 de 158 p.). Halifax N. S., Commissioner of Public Works and Mines, Queen's Printer, 1901. 40792

Resena historica y estadistica de los ferrocarriles de Jurisdiccion federal desde 1° de Enero de 1895 hasta 31 de Diciembre 1899 (Republica Mexicana. Secretaria de Communicaciones y Obras publicas) (in-4°, 330×210 de 205 p. avec 46 cartes). Mexico, Tipografia de la Direccion general de Telegrafos federales, 1900 (Don de M. L. Salazar, M. de la S.). 40789

SAUVAGE (Ed.). — *Le matériel moteur des chemins de fer en l'an 1900*. Conférence par M. Éd. Sauvage (Extrait du Bulletin de la Société industrielle de l'Est. Années 1900-1901) (in-8° 240×160 de 19 p. avec 17 fig.). Nancy, Imprimerie Nancéienne, 1900 (Don de l'auteur). 40735

Chimie.

Carnot (Ad.) et Goutal (Ed.). — *Recherches sur la constitution chimique des fontes et des aciers*, par M. Ad. Carnot et M. Ed. Goutal (Extrait des Annales des Mines, livraison d'octobre 1900) (in-8°, 225×145 de 40 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de M. Ad. Carnot). 40738

Thomas (V.). — *Les matières colorantes naturelles*, par V. Thomas (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120 de 180 p.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1901 (Don de l'auteur et de l'éditeur). 40766

Urbain (V.). — *De l'élimination du méthane dans l'atmosphère*, par V. Urbain (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, 11 février 1901) (in-4°, 270×220 de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40739

Éclairage.

Congrès international de l'industrie du gaz. Paris 1900. Compte rendu des travaux, publié par les soins de la Société technique de l'industrie du gaz en France (in-8°, 240×160 de 1 100 p. avec 19 pl.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme de Publications périodiques, 1900 (Don de M. le Ministre du Commerce). 40762

Société technique de l'industrie du gaz en France. Assemblée générale tenue le 1er septembre 1900 à Paris dans le Palais des Congrès à l'Exposition universelle. Rapports sur les prix décernés en 1900. Annexes (in-8°, 255×160 de 192 p.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme de Publications périodiques, 1900 (Don de M. le Ministre du Commerce). 40763

Économie politique et sociale.

Annales de la Société d'Économie politique, publiées sous la direction d'Alph. Courtois, Secrétaire perpétuel. Tomes I à XVI, 1846, 1887. Collection complète formant 16 volumes in-8°, 230×140, le dernier comprenant une table générale alphabétique des matières. Paris, Librairie Guillaumin et Cie, 1889-1896 (Don de M. J. Fleury, M. de la S.). 40804 à 40819

Annuaire de l'Industrie française et du Commerce d'exportation. Tarifs des douanes françaises et étrangères. Documents officiels 1901 (in-8°, 290×200 de XXXII-600-XXXII-LII-232 pp.). Paris, Administration, 20, boulevard du Montparnasse. 40734

Annuaire général des Sociétés françaises par actions et des principales Sociétés étrangères. Quatrième année 1901 (in-8°, 280×190 de 1 704 p.). Paris, A. Lajeune Vilar et Cie. 40780

Congrès international de la participation aux bénéfices tenu à Paris au Palais de l'Économie sociale et des Congrès du 15 au 18 juillet 1900. Compte rendu in extenso des séances (Exposition universelle de 1900. Groupe de l'Économie sociale. Congrès et conférences) (in-8° 250×165 de 287 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1901 (Don de la Société pour l'étude de la participation aux bénéfices). 40797

Le Crédit foncier populaire. Revue trimestrielle fondée en 1893 pour propager en France les Buildings Societies et augmenter le nombre des petits propriétaires, par Émile Cacheux. *N° 5. Janvier-Février-Mars 1901* (in-8°, 240×160 de 16 p. avec 1 pl.). Paris, 25, quai Saint-Michel (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 40776

Le Mécanisme des opérations de Bourse. Prime du Journal la Semaine financière (in-8°, 235×155 de xv-91 p.). Paris, Paul Dupont, 1900. 40760

Les Associations professionnelles ouvrières. Tome II. Cuirs et peaux. Industries textiles. Habillement. Ameublement. Travail du bois (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail) (in-8°, 235×155 de 895 p.) (Don de M. le Ministre du Commerce). 40751

MAMY (H.). — *Comment on défend les ouvriers contre les éclats et les poussières de l'atelier,* par H. Mamy (in-16, 190×125 de 55 p.). Paris, L'édition médicale française (Don de l'auteur, M. de la S.). 40788

Oesterreichisch-Ungarische Handelskammer in Paris (Chambre de Commerce austro hongroise, 54, rue Richer). Rechenschafts-Bericht, 1900 (in-8°, 230×150 de 62 p.). Paris, Imprimerie nouvelle, 1901. 40768

Résultats statistiques du recensement des industries et professions (dénombrement général de la population du 29 mars 1896). Tome III. Région de l'Est au Midi (45 départements) (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Service du recensement professionnel) (in-4°, 270×220 de cix-633 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900 (Don de M. le Ministre du Commerce). 40736

TROMBERT (A.). — *Congrès international de la participation aux bénéfices tenu à Paris du 15 au 18 juillet 1900. Procès verbaux sommaires,* par M. Albert Trombert (Ministère du Commerce, de l'Industrie. des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation (in-8°, 260×175 de 40 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40749

Enseignement.

Congrès international de l'Enseignement technique, commercial et industriel tenu à Paris du 6 au 11 août 1900 sous la présidence de M. Bouquet. Rapports, discussions, travaux et résolutions du Congrès publiés sous la direction de M. E. Paris (Exposition universelle internationale de 1900) (in-8° 255 × 165 de 712 p.). Paris, Nony et Cie, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40748

Pillet (F.-J.). — *Organisation des Écoles d'apprentissage* (Année 1900. Congrès international de l'Enseignement technique. Séance du 9 août 1900. M. Vallot, rapporteur. Observations présentées à la Section industrielle, par M. F.-J. Pillet) (Extraits des Travaux du Congrès) (une plaquette 300 × 200 de 13 p. manuscrites). Paris, 38, boulevard Garibaldi (Don de M. F.-J. Pillet, M. de la S.). 40756

Pillet (F.-J.). — *Unification des symboles usités en dessin*. Question traitée au Congrès de l'Enseignement du dessin, par F.-J. Pillet (Extraits des Travaux du Congrès) (une plaquette 275 × 155 de 11 p. partie manuscrite et partie imprimée). Paris, 38, boulevard Garibaldi (Don de l'auteur, M. de la S.). 40758

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Boletin del Instituto Geológico de México. Num. 14. Les Rhyolitas de México, por Ezequiel Ordoñez. Primera parte (Secretaria de Fomento, Colonización é Industria) (in-4°, 335 × 240 de 77 p.). México, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1900. 40767

Législation.

A Magyar Mérnök-ès épitesz-égylet. Evkonyve 1901. I. Évfolyam (in-8°, 230 × 160 de 72 p.). Budapest, 1901. 40745

Annuaire de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Promotions de 1832 à 1900 (in-8°, 225 × 150 de 648 p.). Paris, siège de l'Association, 1901). 40743

Annuaire de l'Association technique maritime 1901. Statuts. Bureau. Liste des Membres. Mémoires publiés. Liste des Membres du Congrès d'architecture et de construction navales de 1900 (in-16, 180 × 125 de 68 p.). Paris, 16, rue de l'Arcade. 40775

Association amicale des anciens élèves de l'École nationale supérieure des Mines. 36e annuaire 1900-1901 (in-8°, 240 × 160 de 212 p. Paris, siège de l'Association, 1901. 40744

Société belge des Ingénieurs et des Industriels. Liste des Membres. Exercice 1900-1901 (in-8°, 235 × 155 de 61 p.). Bruxelles, Imprimerie nouvelle. 40754

Syndicat des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de Paris. Annuaire 1901 (in-8°, 230 × 155 de 77 p.). Paris, 10, cité Rougemont. 40769

Métallurgie et Mines.

GAGES (L.). — *Élaboration des métaux dérivés du fer. Foyers métallurgiques*, par L. Gages (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 160 p. avec 22 fig.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1901 (Don de l'auteur et de l'éditeur). 40764

GAGES (L.). — *Élaboration des métaux dérivés du fer. Réactions métallurgiques*, par L. Gages (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 176 p. avec 17 fig.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1901 (Don de l'auteur et de l'éditeur). 40765

HABERKALT (C.) und DORMUS (A. R. v.). — *Besitzt Thomaseisen die Eigenschaften eines guten Brückenmateriales?* Ein Abriss aus der Brückenmaterial-Debatte des Oesterr. Ingenieur-und Architekten-Vereines. K. K. Baurath Carl Haberkalt und Ober-Ingenieur Anton Ritter v. Dormus (Mit einer Einleitung verschener Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-und Architekten-Vereines 1899: Nr 47 u. 50; 1900: Nr 3, 7, 14, 36, 37, 38, 44, 46 u. 50) (in-8°, 230 × 150 de 72-12-4 p.). Wien, R. Spies und Co, 1901 (Don de M. A. Ritter von Dormus). 40750

Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts appliqués à l'industrie. Deuxième série 1877-1887. Table des matières (in-8°, 240 × 160 de 120 p.). Paris, 9, rue des Saints-Pères. Liège, 46, rue Bechman, 1889. 40799

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1899, avec un Appendice concernant la statistique minérale internationale (Ministère des Travaux publics. Direction des routes, de la navigation et des mines. Division des mines) (in-4°, 300 × 230 de XXII-266 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 40752

Table générale des matières de la première série. Tomes I à XL (1857 à 1876) de la Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts appliqués à l'industrie (in-8°, 210 × 145 de 109 p.). Paris, 9, rue des Saints-Pères, Liège, 24, rue d'Archis, 1878. 40798

Navigation aérienne intérieure et maritime.

CHAIGNEAU (H.). — *Architecture navale. Théorie et construction du navire*, par H. Chaigneau (in-8°, 230 × 140 de VII-412 p. avec 108 fig. et 8 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don des éditeurs). 40794

Congrès international d'architecture et de construction navales tenu à Paris du 19 au 21 juillet 1900. Procès-verbaux sommaires (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 173 de 54 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de M. le Président de l'Association technique maritime). 40770

Drzewiecki (S.). — *Des hélices propulsives*, par M. S. Drzewiecki (Extrait du Congrès d'architecture et de construction navales de l'année 1900) in-8°, 280 × 190 de 28 p. avec 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars (Don de M. le Président de l'Association technique maritime). 40772

Drzewiecki (S.). — *Du choix des éléments déterminant les hélices propulsives permettant la facile comparaison entre elles*. Note de M. S. Drzewiecki (in-4°, 310 × 210 de 19 p. manuscrites) (Don de M. le Président de l'Association technique maritime). 40774

Drzewiecki (S.). — *Méthode pour la détermination des éléments mécaniques des propulseurs hélicoïdaux*, par M. S. Drzewiecki (Extrait du Bulletin de l'Association technique maritime, n° 3. Session de 1892) (in-8°, 280 × 190 de 20 p.). Paris, Gauthier-Villars (Don de M. le Président de l'Association technique maritime). 40773

Hauser. — *Adoption d'un système rationnel d'unités dans les questions de constructions navales*, par M. Hauser (Mémoire présenté au Congrès d'architecture et de construction navales de 1900) (in-8°, 280 × 190 de 6 p.). Paris, Gauthier-Villars (Don de M. le Président de l'Association technique maritime). 40771

Institute of Marine Engineers, Session 1899-1900. Eleventh Annual Volume (in-8°, 210 × 135). London, 1901. 40801

Martinenq (B.). — *Aide-mémoire du constructeur de navires, de machines et chaudières marines, du mécanicien, du navigateur, de l'armateur. Instructions et renseignements théoriques et pratiques à l'usage de la marine de guerre, de commerce et de plaisance*, par Benjamin Martinenq. 2e édition, revue et complétée (Bibliothèque technique) (in-16, 180 × 114 de xxxv-1 284 p, avec 4 pl. en couleurs). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don des éditeurs). 40795

Pérard (J.) et Maire. — *Congrès international d'aquiculture et de pêche tenu à Paris du 14 au 19 septembre 1900. Procès-verbaux sommaires*, par M. J. Pérard et M. Maire (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 61 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de M. J. Pérard, secrétaire général du Congrès, M. de la S.). 40753

Pillet (F.-J.). — *L'avenir de la navigation aérienne. La voie à suivre*, par F.-J. Pillet (Étude publiée dans l'Aéronaute) (une plaquette 300 × 200 de 19 p. manuscrites). Paris, 38, boulevard Garibaldi (Don de l'auteur, M. de la S.). 40757

Statistique de la navigation intérieure. Nomenclature et conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1899. Premier et deuxième volume (in-4°, 310 × 235 de 490 p. et de 285 p.) (Ministère des Travaux publics. Direction des routes, de la navigation et des mines. Division de la navigation). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 40778 et 40779

VAUTHIER (L.-L.). — *Régime et tracé des cours d'eau (inondations, alluvions)*, par L.-L. Vauthier (Extrait des comptes rendus des Congrès des Sociétés savantes en 1900, Sciences) (in-8°, 240 × 155 de 31 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40746

Sciences mathématiques.

CAVEGLIA (C.). — *Appendice alla Teoria delle travi e dei lastroni di cemento armato caricati di pesi*, per Crescentino Caveglia (in-8°, 225 × 160 de 14 p.). Roma, Enrico Voghera, 1901 (Don de la Rivista d'Artiglieria e Genio). 40742

Sciences morales. — Divers.

GARNIER (J.). — *Voyage autour du monde. La Nouvelle-Calédonie (Côte orientale)*, par Jules Garnier. Nouvelle édition illustrée augmentée d'un chapitre relatif à l'état actuel de la colonie (in-16, 190 × 130 de VI-387 p. avec 16 grav. et 1 carte). Paris, Plon-Nourrit et Cie, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40747

8 jours dans les Vosges. Gérardmer et les environs. 100 vues pittoresques (album 325 × 250 de 12 pl.). Nancy, A. Bergeret et Cie (Don de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, Service de l'Exploitation). 40761

Technologie générale.

BIGOURDAN (G.). — *Le système métrique des poids et mesures. Son établissement et sa propagation graduelle avec l'histoire des opérations qui ont servi à déterminer le mètre et le kilogramme*, par G. Bigourdan (in-8°, 210 × 150 de VI-458 p. avec 17 fig., planches et portraits). Paris, Gauthier-Villars, 1901 (Don de l'éditeur). 40802

L'Année scientifique et industrielle fondée par Louis Figuier. Quarante-quatrième année 1900, par Émile Gautier (in-16, 190 × 120 de XII-411 p. avec 64 fig.). Paris, Librairie Hachette et Cie, 1901 40803

Société Philomathique. Catalogue des ouvrages composant sa bibliothèque, 1er janvier 1901 (in-8°, 250 × 160 de 8 p.). Bordeaux, Imprimerie G. Gounouilhou, 1901. 40791

Travaux publics.

Comité des habitations à bon marché du département de la Seine. Concours des habitations à bon marché de 1900. Rapport présenté au Jury par la Sous-Commission du concours et décisions du Jury (in-4°, 270 × 215 de 19 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1901 (Don de M. Lucas, M. de la S.). 40795

Memoria presentada al Congreso de la Union por el Secretario de Estado y del Despacho de Communicaciones y Obras publicas de la Republica Mexicana. General Francisco Z. Mena. Corresponde a los años transcurridos de 1° de Julio 1896 a 30 de Junio de 1899 (in-4°, 345 × 230 de 180-VI p. avec 2 cartes). Mexico, Tipografia de la Direccion de Telegrafos federales, 1900 (Don de M. L. Salazar, M. de la S.). 40790

PILLET (F.-J.). — *Projet d'édification d'un centre d'attractions dans les jardins du Palais-Royal.* Étude entreprise à la demande de plusieurs intéressés, par F.-J. Pillet (in-8°, 240 × 160 de 46 p., partie manuscrite, partie imprimée). Paris, 38, boulevard Garibaldi (Don de l'auteur, M. de la S.). 40755

PILLET (F.-J.). — *Trois nouvelles applications du ciment armé et de ses dérivés. 1° La construction navale; 2° Le matériel roulant; 3° La carrosserie automobile : La roue. La transmission. Le châssis*, par F.-J. Pillet (une plaquette de 300 × 200 de 25 p. avec 4 pl. manuscrites). Paris, 38, boulevard Garibaldi (Don de l'auteur, M. de la S.). 40759

Sageret. Annuaire du bâtiment, des travaux publics et des arts industriels. 92e année de sa publication, 1901 (in-8°, 220 × 135 de VIII-XXVIII-LXVIII-2 312 p.). Paris, 55, rue de Rennes. 40800

Travaux du pont Alexandre III, 1897-1900. Photographies indiquant l'état d'avancement des travaux (album 415 × 550 de 12 feuilles) (Don de M. Alby, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées). 40796

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1901, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM.

P. Beaugrand,	présenté par MM.	Merklen, E. Vallot, H. Vallot.
V. Cambon,	—	F. Delmas, L. Masson, Supplisson.
W. Czarnowsky,	—	Pastakoff, Piatniski, de Timonoff.
H.-G. Fruchard,	—	Brûlé, Feray, Grimault.
A.-M.-M.-T. Huber,	—	P. Besson, Rouché, Supplisson.
C. Le Bris,	—	Monnier, P. Guédon, Serpollet.
L. Lehé,	—	Bastien, Liébaut, Ponchez.
P. de Luca,	—	Boubée, H. Chevalier, de Dax.
A. Maire,	—	Laferrère, Léger, Vanderpol.
M.-J. Massing,	—	L. Salomon, Barth, Gambaro.
A. Muller,	—	Pastakoff, Piatniski, de Timonoff.
Ch. Péterson,	—	Graftio, Pastakoff, de Timonoff.
L. de Ronninal,	—	Pastakoff, Piatniski, de Timonoff.
R. Rouge,	—	Manaut, L. Périssé, Roman.
H.-J. Schmitt,	—	Demmler, Delmas, Goldsmith.
A. Schwartz,	—	Pastakoff, Piatniski, de Timonoff.
L.-A.-A. Tordeux,	—	L. Salomon, Bisson, Gambaro.
E.-A. Vignes,	—	Cornuault, Durenne, Pontzen.
J.-G. Werchowzow,	—	Graftio, Pastakoff, de Timonoff.

Comme Membre Associé, M.

M.-P. Tihon, présenté par MM. E. Bert, Gassaud, Lavezzari.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1901

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 12 AVRIL 1901

Présidence de M. Salomon, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de plusieurs de nos collègues. Ce sont :

M. L. H. Brivet, membre de la Société depuis 1875. A été attaché au Laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées et Directeur d'usines de produits chimiques et d'aluminium ;

M. L. Edeline, Fabricant de caoutchouc, Entrepreneur de blanchisserie, Chevalier de la Légion d'honneur. L'admission de M. Edeline, comme Membre Associé, devait être prononcée à la séance de ce jour ;

M. Ch. Guntz, Membre de la Société depuis 1860, ancien Élève de l'Ecole Centrale (1840). A été chef de section au Chemin de fer de l'Est, Ingénieur aux Forges de Niederbronn, Architecte de la ville de Haguenau (Alsace), et exploitant d'usine scierie mécanique ;

M. J.-A. de Lignières-Lenfumé, ancien Élève de l'École Centrale (1863), Membre de la Société depuis 1877, Inspecteur du Matériel fixe au Chemin de fer de l'Est ;

M. S. Maximovitch, Membre de la Société depuis 1885, Ingénieur des voies de communications de Russie, Entrepreneur de Travaux publics ;

M. L.-E. Meunier, Membre de la Société depuis 1897, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1863), Ingénieur principal des installations hydrauliques à l'Exposition universelle de 1900, Ingénieur civil, Chevalier de la Légion d'honneur ;

M. J. Rousseau, Membre de la Société depuis 1877, ancien Directeur de tissage, Conseiller d'Arrondissement ;

M. Jules-C. Urban, Membre de la Société depuis 1896, Directeur général du Chemin de fer Grand-Central Belge, Président du Chemin de fer du Congo, de la Société Générale de Chemins de fer économiques, du Chemin de fer Prince-Henri, etc., Vice-Président de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer, Officier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT est certain d'être l'interprète des sentiments de la Société en adressant aux familles de nos regrettés Collègues l'expression de sa plus profonde sympathie.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de faire part des décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction publique : MM. J. Bonnet, A. Despaux, E. Schmidt.

Officiers d'Académie : MM. P. Baudouin, A. Berthelot, M. Boutté, F. Brard, L.-A. Burot, F. Calvé, A. Collot, C. Comte, S. Flachat, P. Galotti, J.-M. Ganne, P. Jolibois, A. Lindeboom, E. Massicard, E. Moulle, E. Nicora, A. Ollivier, L. Périssé, E. Progneaux, L. Raynaud, P. Robert, J. Rousset.

Officier de l'Ordre du Medjidieh : M. P. Boubée.

Enfin, M. E. Cacheux a été renommé pour quatre ans, par le Ministre. Membre du Conseil supérieur des Habitations à bon marché, dont il fait partie depuis sa création.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin*.

Parmi ces ouvrages, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement le don qui nous a été fait par M. Alby, Ingénieur des Ponts et Chaussées, d'un Album de photographie, intitulé : *Travaux du Pont Alexandre III, 1897-1900*.

M. LE PRÉSIDENT communique aux Membres de la Société les avis suivants :

1° La vingt-deuxième session du Congrès national des Sociétés françaises de Géographie, dont l'organisation a été confiée à la Société de Géographie de l'Est, se tiendra du 1er au 5 août 1901, à Nancy ;

2° L'Engineers' Society of Western New-York a adressé à la Société une circulaire l'informant qu'à l'occasion de l'Exposition Pan-Américaine, qui doit avoir lieu à Buffalo, elle met à la disposition des Ingénieurs qui se rendront dans cette ville, un local à proximité de l'Exposition, local où ils trouveront toutes les facilités désirables pour tirer le meilleur profit possible de leur séjour ; les Membres de la Société sont certains de trouver près de leurs Collègues américains un accueil des plus cordial ;

3° La Société des Ingénieurs Allemands, qui a entrepris la création d'un dictionnaire technique en trois langues : français, allemand, an-

glais, nous a adressé une circulaire relatant les résultats déjà obtenus par elle depuis que la réalisation matérielle de cette œuvre a été commençée ;

La Société des Ingénieurs civils allemands fait de nouveau appel à notre Société pour lui amener des collaborateurs dans toutes les branches du domaine des sciences techniques :

4° La Chambre de Commerce française de Milan nous avise que la Caisse d'épargne de Voghera (Piémont) a voté une subvention de 100 000 lires pour l'industriel qui installera dans la ville un établissement susceptible d'occuper trois cents ouvriers, et que la Caisse d'épargne d'Ascoli Piceno (Marches) a voté une somme de 120 000 lires répartie sur douze annuités, dans le même but, le nombre des ouvriers à occuper étant fixé à deux cent cinquante.

Le Président de la Chambre de Commerce française de Milan dit qu'il serait à désirer que ces deux places fussent prises par des Français et qu'il se tient à notre disposition pour tous renseignements complémentaires. Il ajoute que, pour Voghera, il a déjà des demandes de Paris et de Lyon.

Les documents concernant ces divers avis sont déposés au Secrétariat à la disposition de ceux de nos Collègues qu'ils peuvent intéresser.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que trois plis cachetés ont été déposés à la Société par trois de nos Collègues : le 22 mars, par M. F. Loppé ; le 29 mars, par M. Ch. Jablin-Gonnet, et le 12 avril, par M. O. Rochefort.

Conformément à l'usage, ces trois plis cachetés seront conservés dans les archives de la Société.

M. LE PRÉSIDENT informe ses Collègues que, depuis l'envoi du dernier procès-verbal, l'ordre du jour de la séance de ce soir a subi d'importantes modifications.

D'abord, M. Arnoux, qui devait parler sur les courses d'automobiles et leurs programmes, s'est trouvé dans l'impossibilité absolue de faire cette communication, laquelle sera reportée à la séance du 17 mai.

En outre, M. Garcia, qui devait donner connaissance de son travail sur les forces motrices du Haut-Rhône, nous a fait savoir, seulement hier, que, par suite de circonstances absolument indépendantes de sa volonté, il ne pourrait être à Paris aujourd'hui pour faire la communication annoncée. Cette communication étant la partie la plus importante de la séance, M. le Président a dû se préoccuper de combler le vide causé par l'absence de MM. Arnoux et Garcia, et il est heureux d'annoncer que notre dévoué Collègue, M. Chasseloup-Laubat, a bien voulu accepter de faire, ce soir, une conférence.

M. le Président est certain d'être l'interprète de tous en le remerciant du précieux concours qu'il nous apporte en cette circonstance et donne la parole à M. A. Grille, pour la communication qu'il présente, en collaboration avec M. L. Solignac, sur un *Système de nettoyage instantané et sans arrêt de leur chaudière à vapeur*.

M. A. GRILLE rappelle quels graves ennuis entraînent les dépôts calcaires dans les chaudières à vapeur, car l'emploi d'eau chargée, même

à un degré peu élevé, nécessite des opérations souvent difficiles à surveiller et entrainant toujours des chômages.

La composition des sels contenus dans les eaux a une très grande importance ; si le carbonate de chaux n'est que gênant, il n'en est pas ainsi du sulfate qui, même à une faible dose, est franchement nuisible.

Cependant, même dans le cas du carbonate, il est nécessaire d'arriver à nettoyer à temps la chaudière pour éviter les incrustations. Avec le carbonate, ce temps est relativement long; au contraire, avec le sulfate, il est excessivement court.

Jusqu'à ce jour, on a eu recours aux extractions sous pression.

Il faut bien le dire, ce moyen est un palliatif très insuffisant, quoique très coûteux. L'action est purement locale et il ne peut en être autrement ; la vitesse de translation de l'eau n'étant élevée qu'auprès de l'orifice, mais nulle à une certaine distance.

De plus, il est à remarquer que, si les purges d'eau sont inefficaces, elles sont par contre très dispendieuses dans le cas des chaudières, car on évacue de l'eau entrainant avec elle un nombre considérable de calories qui sont complètement perdues.

Frappés de l'inefficacité des purges d'eau pour les nettoyages des chaudières et sachant combien les nettoyages à la main sont souvent incomplets, MM. Solignac et Grille ont commencé par substituer à la purge d'eau une chasse de vapeur à pleine pression, sans arrêt de la chaudière et sans laisser aux sels le temps de se cristalliser.

M. Grille décrit le système qui a permis de réaliser ce résultat et qui consiste à couper, au moyen d'un robinet, l'arrivée d'eau dans le collecteur et à ouvrir un robinet de vidange placé à la partie inférieure de ce collecteur. Comme l'évacuation de vapeur au réservoir d'eau et de vapeur débouche au-dessus du niveau de l'eau, on voit que, nécessairement, la vapeur doit parcourir le faisceau tubulaire en sens inverse de la circulation normale pour s'échapper par le robinet de vidange.

Chaque collecteur ne représentant qu'une fraction de l'appareil évaporatoire, on voit que l'opération de chasse de vapeur s'applique successivement à chaque élément, la vapeur de toute la chaudière servant au nettoyage d'un seul élément ; ce qui fait que la pression ne baisse pas et que la vapeur conserve toute sa vitesse pendant la durée de l'opération ; au reste, pendant qu'on purge un élément, les autres ne cessent pas de produire de la vapeur.

Chaque purge dure vingt secondes par élément.

La fréquence des chasses dépend du degré d'impureté des eaux ; pour fixer les idées, les eaux industrielles de Paris, marquant de 26 à 29° hydrotimétriques, nécessitent seulement une chasse de vapeur par semaine.

Encouragés par ce premier résultat obtenu sans aucune difficulté, MM. Grille et Solignac ont cherché s'il ne serait pas possible de marcher avec des eaux réputées non industrielles et contenant principalement, non du carbonate de chaux, mais du sulfate de chaux.

L'eau choisie a été celle d'un puits situé à Montmartre, dont le titrage est de 148° hydrotimétriques.

Après divers tâtonnements destinés à retarder l'entartrage, ils sont arrivés à un résultat satisfaisant, grâce au sélénifuge de notre Collègue, M. Patrouix.

M. Grille présente à ses collègues des bouts de tubes prélevés sur la chaudière; ces tubes n'ont été ni lavés, ni nettoyés et sont tels qu'ils étaient après deux cents heures de marche; il donne le résumé de trois mois de marche avec la chaudière d'expériences :

Marche avec l'eau de Montmartre sans aucune chasse de vapeur : Entartrage au bout de six heures.

Marche avec chasses de vapeur toutes les heures : Entartrage au bout de vingt-six heures.

Marche avec 400 *g* de sélénifuge par mètre cube d'eau avec chasse de vapeur une fois par jour : Marche indéfinie sans arrêt et sans entartrage.

Des essais ont également été faits avec l'eau de mer, et ont donné de bons résultats.

En résumé, les résultats des expériences établissent d'une manière pratique qu'on peut se débarrasser des sulfates et supprimer la formation du tartre dans les chaudières, quelle que soit la teneur des eaux en sels et même en sulfate de chaux, à la condition de ne pas laisser les sels en dépôt trop longtemps en présence des parois et surtout de les expulser avant le refroidissement de la chaudière; enfin, il ressort de ces expériences que la chasse de vapeur peut seule arriver à nettoyer les surfaces vaporisatrices couvertes de dépôts en formation.

M. L. de Chasseloup-Laubat demande si la tuyère n'est pas de nature à gêner l'évacuation des dépôts.

M. A. Grille répond que la tuyère étant mobile, l'inconvénient signalé n'est pas à craindre.

M. le Président remercie vivement M. A. Grille de la très intéressante communication qu'il vient de faire sur un sujet qui intéresse un grand nombre de nos collègues, et donne la parole à M. de Chasseloup-Laubat pour présenter le compte rendu du *Congrès de l'Architecture navale en 1900*.

M. L. de Chasseloup-Laubat s'attache seulement à montrer les quelques idées intéressantes et nouvelles contenues dans les mémoires.

Il cite d'abord le mémoire dans lequel M. Bertin a traité magistralement la question de la sécurité des navires marchands.

Le plus grand danger de ces navires est le chavirement, danger plus considérable avec les nouveaux navires qu'avec les anciens.

La cause de cette augmentation de danger est due en grande partie à l'adoption des cloisons étanches longitudinales.

Pour remédier à ce grave défaut, M. Bertin a adopté, pour les navires de guerre, la *tranche cellulaire*, sorte de flotteur cloisonné placé dans la région de la ligne de flottaison, donnant une plus grande sécurité contre le chavirement et le coulage.

M. Bertin a cherché à appliquer cette disposition aux navires marchands et y est arrivé au moyen d'un entrepont cloisonné étanche que l'on pourrait combiner avec une double ou même une triple coque, très solide par le travers des machines.

M. de Chasseloup-Laubat dit ensuite quelques mots des tendances actuelles à l'augmentation des dimensions des navires de guerre.

A l'heure présente, les nouveaux navires de guerre jaugent de 14 à 16 000 *t*, alors qu'il y a quelques années la moyenne n'était que de 10 à 12 000 *t*.

Enfin M. de Chasseloup-Laubat parle des expériences faites dans une chaudière Niclausse sur les vaporisations différentes des diverses rangées d'éléments.

La question avait déjà été étudiée antérieurement par M. Watt, puis par M. de Chasseloup-Laubat. Les nouvelles expériences faites par la maison Niclausse ont confirmé le résultat obtenu, qui était que les deux premières rangées de tubes font à elles seules la moitié du travail total.

Il faut pourtant dire, ainsi que l'a fait remarquer M. Turgan lors de la discussion, que, par la nature même de l'expérience, le régime de circulation ne peut pas être exactement le même pour l'appareil d'essai où chaque rangée de tubes a une alimentation et une évacuation de vapeur séparées que pour la chaudière Niclausse du modèle courant, où toutes les rangées de tubes n'ont qu'une seule amenée d'eau et qu'un seul débouché de vapeur.

M. le Président remercie vivement M. de Chasseloup-Laubat de l'obligeance qu'il a mise à nous faire cette communication et le félicite de l'intérêt qu'elle a présenté.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P. Beaugrand, W. Czarnowsky, H.-G. Fruchard, L. Lehé, P. de Luca, M.-J. Massing, A. Muller, Ch. Péterson, L. de Ronninal, A. Schwartz, J.-G. Werchowzow, comme Membres Sociétaires.

MM. V. Cambon, A.-M.-M.-T. Huber, C. Le Bris, A. Maire, R. Rouge, H.-J. Schmitt, L.-A.-A. Tordeux, E.-A. Vignes sont reçus Membres Sociétaires,

Et M. P. Tihon, Membre Associé.

La séance est levée à 10 heures un quart.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 AVRIL 1901

Présidence de M. H. Couriot, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. le Président commence par excuser M. Baudry, Président, qui, se trouvant éloigné de Paris, ne peut, à son grand regret, présider cette séance.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès d'un de nos Collègues, M. J.-H. Digeon, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1864), membre de la Société depuis 1890, administrateur de la Société française de Cartonnages, lauréat de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (médaille d'or 1894), bien connu comme constructeur d'instruments de précision, de modèles en réduction et plans en relief qu'il a exécutés à profusion pour l'enseignement, et dont un grand nombre étaient de véritables chefs-d'œuvre. Sa participation à l'Exposition Universelle de 1900 a été considérable. C'est une perte très sensible pour la Société, qui exprime à sa famille sa vive et douloureuse sympathie.

M. le Président annonce que la Société a reçu, depuis la dernière séance, un certain nombre d'ouvrages et de publications, dont la liste sera insérée au Bulletin.

M. le Président fait part d'un don de 50 *f*, effectué par M. Fruchard, qui a versé cette somme en même temps que sa cotisation d'admission. Il lui en adresse tous ses remerciements.

M. le Président annonce à la Société que le Gouvernement Argentin a ouvert un concours pour la construction et l'exploitation d'un Port de commerce à Rosario (Province de Santa-Fé).

Le délai pour la présentation des soumissions qui devront être remises sous pli scellé, soit à la Légation Argentine, à Londres, soit directement au Ministère des Travaux Publics à Buenos-Ayres, a été prorogé, jusqu'au 10 décembre prochain pour les premières et jusqu'au 10 janvier 1902 pour les secondes.

Les plans et documents relatifs à ces travaux se trouvent à la dispotion des membres de la Société, à la Bibliothèque.

Il a été également reçu de la Ville de Brest une circulaire relative à l'Exposition Internationale, commerce, industrie, sciences, beaux-arts (Exposition rétrospective bretonne) qui doit avoir lieu de juin à septembre 1901, à Brest.

L'ordre du jour appelle la communication de M. P. Besson sur *Les nouveaux métaux (polonium, radium, actinium)*.

M. P. Besson fait l'historique de la découverte de ces métaux, due à M. et Mme Curie et à M. Debierne. Ces corps jouissent de propriétés extrêmement curieuses. Ils produisent de l'électricité, provoquent à distance des actions chimiques, impressionnent les plaques photographiques, émettent spontanément des rayons analogues à ceux produits par l'ampoule de Crookes.

Il décrit la méthode de traitement employée par la Société centrale de Produits chimiques et qui a porté sur 3 *t* 1/2 de résidus de minerais d'urane provenant des mines de Joachimsthal, en Bohême. Pour tirer environ 300 *gr* de matière d'une tonne, il faut employer 6 *t* de produits chimiques et 50 *t* d'eau de lavage.

Ce n'est qu'en juillet 1900 que M. Curie put obtenir le chlorure de radium pur. La propriété la plus importante des nouveaux corps est la radio-activité. Ils émettent en quantité énorme les rayons propres à l'uranium-métal, découvert par M. Becquerel et qui portent son nom. Leur rayonnement est plus de 100 000 fois supérieur à celui de l'uranium-métal.

Mais ces métaux n'ont pu être encore isolés. M. Besson montre la décharge de l'électroscope obtenue par ces corps, et parle de l'activité induite produite par eux sur le zinc, l'aluminium, le plomb, etc.

Il montre leurs propriétés très curieuses de luminosité et de fluorescence sur le sulfure de zinc.

Pour expliquer tous ces phénomènes nouveaux, il cite l'hypothèse de sir W. Crookes et J.-J. Thomson.

M. Besson estime que l'étude de toutes ces propriétés amènera peut-être à trouver qu'il y a là émission d'un fluide traversant les corps, qui n'est ni un gaz, ni une vapeur, mais bien une nouvelle forme de la matière, telle que les corps peuvent en émettre indéfiniment sans perdre de leur poids.

M. le Président remercie vivement M. Besson de sa très intéressante et savante communication, et il demande à y ajouter quelques observations personnelles. On est trop facilement porté, selon lui, à créer des mots nouveaux ou à forger des expressions nouvelles, quand on se trouve en présence de phénomènes reconnus exacts, mais inexpliqués; de là les désignations de *substances radio-actives*, les termes d'*atomes dissociés* qui ne nous donnent malheureusement pas la solution du problème, mystérieux encore, devant lequel nous sommes placés.

On ne peut contester l'exactitude des expériences faites, ni nier les faits constatés par les habiles et savants opérateurs qui ont fait connaître les trois nouveaux métaux, le polonium, le radium et l'actinium, présentés à la Société, mais il déclare que les explications qui ont été fournies jusqu'à ce jour, concernant les causes des phénomènes dont ces corps sont le siège, sont loin de donner satisfaction à l'Ingénieur, dont l'esprit reste troublé devant la nouvelle conception, qui lui est présentée, de la matière et de la production de l'énergie.

Les métaux nouveaux, selon les auteurs et les hypothèses où ils se

placent, seraient la source d'une énergie intarissable, puisée en eux-mêmes sans appauvrissement aucun, sans transformation de leur état ou de leur substance, ou bien encore ils jouiraient de la propriété, sans qu'il y ait abaissement de température, de faire naitre cette énergie dans les milieux ambiants.

L'énergie, jusqu'à démonstration du contraire, ne peut être obtenue sans qu'il y ait un changement d'état de la matière, une transformation de chaleur en travail; que deviendrait sans cela le grand principe de Lavoisier : « Rien ne se crée, rien ne se perd dans la nature »? Loin d'avoir été infirmé, ce principe fondamental de chimie a été généralisé et étendu à tous les phénomènes physiques, physiologiques et mécaniques, découverts et étudiés depuis un siècle, qui sont venus tour à tour le confirmer et en proclamer la justesse.

Restons donc fidèles à une loi qui, depuis si longtemps, guide les savants sans les tromper jamais, dans la voie du progrès scientifique et industriel !

Les propriétés si curieuses des substances radio-actives doivent, par conséquent, provenir d'une source extérieure; ne sont-elles pas comparables, bien que d'un ordre différent, à celles sous lesquelles se présentent les aimants, naturels ou artificiels; ces sources d'énergie spéciale pouvant communiquer leurs propriétés particulières, d'une façon plus ou moins durable, à d'autres corps, magnétiques eux-mêmes, phénomènes dont l'analogie avec l'activité directe ou induite des substances radifères est bien frappante?

De même que le champ magnétique terrestre communique, à quelques corps, du magnétisme rémanent, de même sous certaines causes, encore inconnues de nous, et dans certaines conditions, spéciales sans doute, la matière parait emmagasiner l'énergie rémanente et conserver un état vibratoire ou une orientation atomique, plus ou moins durable, se manifestant dans des circonstances favorables de milieu, ainsi que nous le révèlent les radiations propres aux nouveaux métaux.

Nous connaissons la source d'énergie, le champ de la terre, en ce qui concerne la formation des aimants naturels, formation exaltée par le travail mécanique ou moléculaire : trempe, écrouissage, tension, choc; la source reste à trouver en ce qui touche aux substances radio-actives, et le principe de Lavoisier ne sera pas infirmé.

Quand on possédera des quantités plus importantes de ces matières (car il convient de remarquer que l'on opère actuellement sur des traces de substances radifères et que les mesures sont d'ordre micrométrique, en quelque sorte), on pourra mieux analyser les phénomènes constatés, et nous ne saurions trop appeler l'attention de ceux de nos Collègues qui s'occupent de mines, sur l'utilité de la recherche de minéraux pouvant renfermer les nouveaux métaux, dont les propriétés sont aujourd'hui bien définies et qui doivent être plus répandus qu'on ne le pense dans la nature.

La présence de la pechblende et de la chalcolite a été signalée en de nombreux gisements où il serait utile de rechercher les minerais spéciaux des nouveaux métaux.

En dehors des mines de Joachimsthal, d'où proviennent les minerais

dont ont été extraits les métaux qui nous été présentés, les minerais d'uranium ont été signalés ou exploités dans d'autres mines de Bohême : à Przibram, Zinnwald, Schlaggenwald; en Saxe : à Schneeberg, Johann-Georgenstadt, Annaberg et Marienberg; à Reinerzau, dans le Wurtemberg; à Bodenmais (Bavière); dans le Cornwall; à Gunnis-Lake, Wheal-Buller et Stenna-Gwyn; dans le Devonshire, à Tavistock; ajoutons un gisement à Vieil-Salm (Belgique), un en Turquie, près d'Andrinople et enfin un à Middletown, au Connecticut, et on verra que, si les Ingénieurs veulent bien rechercher la présence du polonium, du radium et de l'actinium dans ses nombreux gisements, on peut espérer qu'ils trouveront des espèces minérales nouvelles renfermant plus d'un décigramme à quelques grammes à la tonne.

M. Ed. Commelin dit que, sous l'action d'influences dont beaucoup nous échappent encore, la matière subit des transformations et des modifications profondes qu'il est des plus intéressant d'étudier et sur lesquelles chaque jour peut amener une nouvelle découverte.

Il cite comme exemple de ces modifications le mètre-étalon du Bureau international des Poids et Mesures.

M. D.-A. Casalonga dit qu'il est possible d'admettre qu'une certaine matière, à l'état de division infinitésimale, traverse sans cesse et ravine plus ou moins les corps, dont la moindre variation calorifique augmente ou diminue la force vive du fluide circulant, ce qui ne changerait rien au principe de Lavoisier ainsi qu'aux autres principes de mécanique élémentaire. Il croit qu'il ne faut pas s'étonner outre mesure de ces indications d'ailleurs intéressantes, et qu'il faut plutôt en espérer la découverte qui donnera la clef de ce mystère qu'est encore aujourd'hui le mode de transmission de l'énergie à distance.

La reprise de l'ancienne théorie de l'émission, combinée avec celle des ondulations, lui paraitrait de nature à offrir à la science la meilleure voie à suivre pour trouver la cause de certains phénomènes, restés jusqu'ici inexpliqués : telle, la cause de la pesanteur ou de la gravitation.

M. P. Besson croit qu'il serait sage de parler d'*énergie*, sans spécification. On connaissait la chaleur, la lumière; on a découvert dernièrement les rayons X, les rayons cathodiques; on est peut-être en présence d'une nouvelle forme particulière d'énergie.

M. E. Hubou est d'avis, comme M. D.-A. Casalonga, que les lois de la physique ne cessent pas de s'appliquer aux phénomènes signalés, et il pense que leur théorie pourrait se rattacher à celle des ions. Dans la nouvelle hypothèse moléculaire, on démontre l'existence de corpuscules transportant, par rapport à leur masse, d'énormes charges d'électricité et cela conformément aux lois fondamentales des actions électriques. Les métaux radio-actifs pourraient être considérés comme des accumulateurs d'énergie dans lesquels les périodes de vibration correspondraient aux longueurs d'onde de la lumière qu'émet leur spectre.

M. le Président se félicite des observations qu'il a présentées puisqu'elles ont fait naitre l'intéressante discussion qui s'est produite : il

remercie de nouveau M. Besson, et le prie d'exprimer à M. et Mme Curie toute la gratitude de la Société, pour l'obligeance avec laquelle ils ont mis à sa disposition les instruments avec lesquels ont été faites les expériences qui ont hautement excité l'intérêt de la réunion. Il est fort rare de voir une femme s'adonner aux sciences, comme l'a fait Mme Curie avec le plus grand succès. Elle fournit un bel et touchant exemple de collaboration scientifique dont il existe de nombreux précédents dans la Société. Qu'il soit permis d'évoquer la mémoire d'un des plus éminents parmi nos anciens Présidents, Yvon Villarceau, de l'Institut, Astronome de l'Observatoire, qui faisait tous ses calculs de Mécanique Céleste avec la savante collaboration de Mme Villarceau.

En terminant, M. le Président ajoute qu'il tient à associer aux remerciements, M. Debierne qui a découvert, avec M. et Mme Curie, les trois nouveaux métaux.

M. le Président donne la parole à M. A. Garcia pour sa communication sur *l'Utilisation des Forces motrices du Haut-Rhône.*

M. A. Garcia dit qu'il vient apporter sa contribution à l'étude des Forces motrices du Haut-Rhône, étude d'un intérêt considérable, puisqu'il s'agit de la mise en œuvre d'une source d'énergie comme il n'en existe pas d'autre en France, et dont la puissance vraiment formidable est telle qu'il est possible de capter, sur un parcours du fleuve de 27 *km* à peine à partir de la frontière, une force de plus de 160000 *ch* au profit de notre industrie nationale publique et privée.

Tout en examinant brièvement les trois projets actuellement soumis aux enquêtes, projets auxquels est venue en dernier lieu s'ajouter une demande en concession des anciens établissements « the Rhône Land » de Bellegarde, il estime que la question doit être élargie, et qu'il serait insuffisant de considérer seulement tel ou tel tronçon limité du parcours du Haut-Rhône choisi suivant des intérêts particuliers, quand il s'agit de l'aménagement, pour l'avenir, de la plus grande source d'énergie des Alpes Françaises, c'est-à-dire d'une véritable richesse nationale.

Il s'attachera donc à mettre en lumière la solution assurant la *meilleure utilisation totale* du cours du Rhône, entre la frontière et Pyrimont, dans cette partie où il n'est ni navigable, ni flottable, et où ses berges sont constituées le plus souvent par des falaises escarpées, surplombantes même, qui atteignent parfois une hauteur de plus de 100 *m*. Ces falaises, dans la partie surtout des molasses marines, sont rongées fréquemment en dessous par les eaux, qui se sont ainsi creusées de véritables lits souterrains; c'est ainsi qu'à 600 *m* en amont de Bellegarde le Rhône se précipite d'une hauteur de 13 *m* dans une excavation où il disparait même, en basses eaux, pendant 200 *m*. Il y aura donc lieu de tenir grand compte de ces affouillements dans les constructions de barrages ou canaux d'amenée relatifs aux usines de force motrice à créer.

M. Garcia tient tout d'abord à déterminer le régime hydraulique du Rhône : il montre que les estimations du débit du Rhône fournies par le service administratif de la ville de Genève et comprises entre 57 m^3 à la seconde *par basses eaux absolument exceptionnelles*, et 1 230 m^3 par crues *également exceptionnelles*, sont très inférieures à la réalité. Au

moyen d'un service journalier des fluctuations du fleuve, et d'un relevé très minutieux de plusieurs sections transversales de son lit, en amont de Bellegarde, il a été procédé à de nombreuses expériences de jaugeages qui ont démontré que la répartition des débits s'établit ainsi approximativement pour l'année 1900 :

Débit inférieur à 170 m^3, pendant 5 jours;
Débit inférieur de 170 à 200 m^3, pendant 38 jours;
Débit supérieur à 200 m^3, pendant 242 jours;
Débit des crues ordinaires, inférieur à 900 m^3, pendant 61 jours;
Débit des crues supérieur à 900 m^3, pendant 4 jours.

On doit donc en conclure que le débit de 200 m^3 à la seconde est celui qui permet d'utiliser la chute pendant une période à peu près constante de 325 jours, sans de trop grands écarts de puissance. Ces chiffres montrent, en outre, que le Rhône a un régime hydraulique très variable : les crues y sont variables et soudaines, mais le plus souvent, d'assez courte durée. La période des basses eaux correspond aux mois d'hiver; celle des hautes eaux avec la fonte des neiges, aux mois de juin, juillet et août principalement.

La pente générale du fleuve, sauf à la Perte du Rhône, près de Bellegarde, et au Pas de Malperthuis, est de 2 *m* par kilomètre.

Examinant les conditions d'établissement d'un Barrage sur le Haut-Rhône, M. Garcia montre qu'il doit maintenir le niveau à l'amont à peu près constant, et permettre le libre écoulement des plus fortes crues, des corps flottants et des graviers, sans que la vitesse dépasse 4 *m* à la seconde et devienne dangereuse pour les ouvrages; enfin le seuil doit être notablement en contre-bas du seuil de la prise d'eau, de manière à éviter l'ensablement à l'entrée du Canal d'amenée des eaux. Ce Barrage doit donc être muni de vannes qui puissent s'élever au-dessus du niveau maximum de la retenue, de manière à augmenter la section offerte à l'écoulement des crues proportionnellement à leur débit. Si on était amené à relever le niveau des eaux à plus de 4 *m* au-dessus du niveau des hautes eaux, il faudrait relever également le seuil de l'ouvrage et briser la chute par des bassins étagés à l'aval.

On peut prendre, comme point de départ d'évaluation, un barrage ne dépassant pas la hauteur de 4 *m* au-dessus des hautes eaux et utilisant la différence entre les basses eaux ordinaires et les hautes eaux, qui est de 5 *m* dans cette partie du Rhône ; on obtient alors une hauteur de chute de 9 *m* en basses eaux, dont la diminution en hautes eaux est compensée par l'augmentation du débit : c'est à peu près le type du barrage construit par les Suisses, à Chèvres, près de notre frontière. L'estimation d'un tel barrage, d'après *devis détaillé*, monte à **1 880 000 *f***:

soit à 209 000 *f* par mètre de chute,
et à 78 *f* par cheval brut obtenu.

Quant au canal d'amenée, si l'usine n'est pas établie à côté du barrage, il doit, à raison de la configuration géographique des lieux, être prévu en tunnel pouvant débiter le volume de 200 m^3 à la seconde avec une vitesse de 3 *m* : sa section sera donc de 67 m^2 environ et sa forme se rapprochera de la forme circulaire mais aplatie.

Un des trois projets soumis aux enquêtes, celui de la « Boucle du Rhône » comportait un tunnel de 1 370 *m* avec pente de 0,0009 ; le devis détaillé faisait ressortir sa construction à 3 027 000 *f*, soit par mètre courant 2 210 *f*. M. Garcia, qui tablera sur ces estimations pour faire ressortir les prix de revient comparatifs des différentes solutions mises en avant pour l'utilisation totale du Haut-Rhône, fait remarquer qu'elles ont été très sérieusement étudiées et que, si elles peuvent à première vue paraître élevées, elles font du moins une large part aux dépenses imprévues et ne doivent donner lieu à aucun mécompte. Il montre que sur le parcours de 25 *km* du Haut-Rhône qu'il s'agit d'aménager, la solution du canal d'amenée en tunnel s'impose :

1° A la « Boucle du Rhône », où un tunnel de 1 370 *m* permet d'obtenir, en eaux moyennes, une chute de 19 *m*, et

2° Au défilé de Malperthuis où l'étranglement des berges ne permet pas l'établissement d'usine latérale à proximité du barrage ; pour trois autres échelons, au contraire, les usines pourraient être établies à côté des barrages ; enfin, additionnant le nombre de chevaux de force que permettraient de capter ces cinq chutes successives, il trouve la puissance formidable de 182 000 *ch* pour l'utilisation *théorique* de cette partie du Rhône.

Pour comparer à ce résultat *théorique* celui auquel atteindrait l'ensemble des projets des demandeurs en concession il convient de les décrire sommairement. Ils sont au nombre de trois :

1° A l'amont, le projet dit du « Pont de Grésin », présenté par M. Bonnefond, qui s'est adjoint, pour les études, MM. Buffaut et Tavian, Ingénieurs à Lyon. Il comporte la construction d'un barrage à 11 *km* environ de la frontière suisse, à 100 *m* au-dessus du Pont de Grésin ; le niveau de la retenue ayant été fixé à 327 *m*, et celui des basses eaux étant à la cote 307, ce barrage devra résister à une pression de 20 *m* ; le canal d'amenée, de faible longueur, est à ciel ouvert avec usine sur le lit actuel du fleuve. La force brute créée serait de 34 000 HP ;

2° Le projet suivant est celui de la « Boucle du Rhône ». Il a pour auteurs M. Ourbak, administrateur-délégué des Mines de Saint-Hilaire (Allier), et M. Bonnefond. Les études ont été confiées à M. Gotteland, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et à M. Garcia. Il comporte principalement un barrage avec retenue à la cote 310, à 500 *m* en amont du Pont de Lucey, et un tunnel de 1 370 *m* de longueur traversant la colline d'usine et venant aboutir au-dessous du village des Essertoux. L'usine génératrice construite en cet endroit affecte en plan la forme circulaire et développerait avec une autre petite usine établie à côté du barrage une puissance brute supérieure à 50 000 HP ;

3° Enfin, à l'aval, un projet très ancien, celui de Malperthuis, a été repris par un groupe d'industriels de la région lyonnaise à la tête duquel se trouve M. Planche. Il comprend la construction d'un barrage avec retenue à la cote 287.50 *m* et la construction d'un tunnel de 1 400 *m* environ avec usine génératrice au lieu dit Monthoux. La cote de retenue, pour se concilier avec le projet aval, devrait être ramenée à 283,50 *m* et, dans ces conditions, la puissance disponible serait de 32 000 HP.

Il y a lieu d'ajouter à ces évaluations la puissance dont dispose actuellement la Société existante de Bellegarde.

Cette Société, qui dispose d'une puissance brute de 10000 HP, a introduit, à son tour, une demande de concession du débit total du Rhône, pour l'utilisation de laquelle elle serait placée, semble-t-il, dans des conditions moins favorables, à raison notamment de l'emplacement resserré dont elle dispose; elle a cherché d'ailleurs à s'assurer une extension plus considérable au moyen d'une entente avec les promoteurs du projet de Malperthuis.

En ajoutant les 10000 *ch* dont elle dispose aux forces réalisées par les trois projets énumérés ci-dessus, on trouve que la force brute captée pendant 300 jours est de 126000 *ch* environ, alors que théoriquement, elle pourrait être, comme il est dit plus haut, de 182000 *ch*.

C'est une force de près de 50000 *ch* perdue, tant à cause de la réduction des canaux d'amenée des projets de Grésin et de Malperthuis qui n'ont été prévus que pour 150 m^3 au lieu de 200, qu'à cause de l'inutilisation de certains tronçons du parcours. M. Garcia fait en outre observer que, s'il n'y a pas d'obstacles matériels à ce qu'un règlement d'eau puisse concilier ces différentes demandes et leur donner satisfaction, il n'en est pas moins évident qu'en envisageant le prix de revient de ces barrages, canaux et usines multiples, et la concurrence forcément ruineuse que seraient obligées de se faire quatre usines distinctes mises en œuvre simultanément, alors que les débouchés ne prendraient que progressivement leur extension, on est bien forcé de reconnaitre que là n'est pas la solution désirable et qu'il faut la rechercher dans l'entente générale ou tout au moins partielle entre les quatre concurrents.

Cette fusion des projets permettra seule la mise en œuvre successive et prudente de la force disponible au fur et à mesure des besoins de l'industrie et des services publics.

Le groupement partiel réunirait tout naturellement le projet de Grésin et celui de la Boucle avec un seul barrage et un canal d'amenée ayant sa prise d'eau en amont du Pont de Grésin et son débouché au village des Essertoux. Ce canal aurait environ 2700 *m* de longueur dont 2000 en tunnel et 700 à ciel ouvert.

Deux usines: celle d'amont utilisant, outre les 60 m^3 laissés à la Société de Bellegarde, les excédents de débit du Rhône au-dessus de 200 m^3; celle d'aval sous une chute de 41 *m* avec un débit de 140 m^3, les deux produisant une puissance brute totale de 90000 *ch*, sans tenir compte des excédents dont on peut évaluer le rendement à 15000 *ch* pendant une période minima de 200 jours par an.

La dépense totale, basée sur les estimations données au début de cette étude, s'élèverait environ à 16 millions de francs pour une force brute de 90000 *ch*, soit, par cheval, à 183 *f*.

Cette fusion partielle, bien que laissant subsister le projet aval de Malperthuis et n'englobant pas l'usine de Bellegarde, présente de tels avantages qu'elle devrait s'imposer pour le cas où la fusion complète des projets rencontrerait une opposition irréductible.

On arriverait à réaliser cette fusion totale par une extension de la

donnée initiale qui a servi de base au projet très intéressant de la Boucle du Rhône.

Il suffit, sans que la longueur du tunnel devienne exagérée, qu'il soit reporté plus avant vers le sud et que, partant du Pont de Grésin, il vienne déboucher à la sortie du défilé de Malperthuis. Ce projet unique ne comporterait plus alors qu'un barrage à la cote 327 d'une hauteur de 25 *m* avec bassins étagés à l'aval pour briser la chute; un tunnel ou plutôt deux petits tunnels parallèles, d'une longueur de 4 600 *m*, avec pente de 1 *mm* par mètre et section totale de 67 *m* pour débiter 200 *m* à la seconde; et deux usines génératrices, l'une à l'origine, l'autre à l'extrémité des tunnels, cette dernière, de beaucoup la plus importante, réalisant avec 57,50 *m* de chute, pendant 300 jours par an, une puissance brute de 155 000 *ch* environ.

En tenant compte de l'augmentation de longueur du tunnel, et des conditions spéciales d'établissement du barrage de Grésin, l'aménagement de ce projet global coûterait :

Travaux	14 500 000 *f*
Matériel et machines.	10 500 000 *f*
Ensemble	25 000 000 *f*

soit 160 *f* le cheval.

En résumé, par l'utilisation au moyen de quatre usines distinctes, le prix de l'unité ressortirait à . . . . 260 *f*

Par l'utilisation au moyen des projets fusionnés de Grésin et de la Boucle du Rhône il s'abaisserait à . . . . 183 *f*

et il ne serait plus que de . . . . 160 *f*

avec l'adoption du projet global.

Il en ressort qu'à tous égards la première solution ne saurait prévaloir, et que la fusion de tous les projets en un seul est encore plus avantageuse, comme prix de revient, que la fusion partielle des deux projets de Grésin et de la Boucle du Rhône; et l'on doit tenir compte aussi qu'au point de vue financier et pratique l'entreprise serait facilitée par la possibilité de procéder graduellement aux augmentations de force en se réglant sur les besoins de l'industrie, c'est-à-dire en procédant tout d'abord à la construction de l'Usine du barrage, puis aux tunnels, puis à l'extension progressive de la grande Usine d'aval.

Si des intérêts particuliers opposaient un obstacle insurmontable à l'adoption d'un tel projet unique, il faudrait d'autant plus préconiser la fusion des deux premiers projets qui, à un degré un peu moindre il est vrai, réalise pourtant les mêmes avantages.

Ces avantages disparaissent complètement au contraire avec quatre projets distincts et concurrents.

M. Garcia termine en exprimant le vœu que nos richesses en *houille blanche* dans la région des Alpes françaises et du Haut-Rhône ne restent pas plus longtemps inexploitées, et que nous entrions plus résolument dans la voie féconde où nous ont devancés la Suisse et l'Italie.

Il cite les chemins de fer à traction électrique de la Haute-Italie et montre que l'électro-chimie et l'électro-métallurgie semblent devoir

révolutionner, de leur côté, l'industrie du vingtième siècle. Il y a là, dans un avenir prochain, un emploi de forces considérables pour lesquelles la vapeur ne peut en aucun cas lutter avec l'énergie hydro-électrique.

Avec les progrès réalisés dans le transport de la force, une distance de 200 *km* n'est plus un obstacle aux développements des usines génératrices de force motrice : elles pourront donc venir, en outre, dans un grand nombre de centres industriels, concurrencer la vapeur pour les forces beaucoup moins importantes de la moyenne industrie.

M. Garcia insiste, à ce sujet, sur cette constatation, qu'il a faite luimême dans la région lyonnaise, que l'emploi de l'électricité fait presque toujours, par surcroît, réaliser une économie très inattendue : tel industriel qui croyait employer pour les besoins réels de son usine 50 *ch* et qui établissait d'après ce nombre son prix de revient du cheval, s'est aperçu que son compteur d'énergie électrique ne lui en marquait plus que 35 le jour où il a substitué quelques réceptrices et quelques fils à ses générateurs, à sa machine et à certaines transmissions lourdes et compliquées. C'est sur cette constatation très importante au point de vue de la vulgarisation du moteur électrique que M. Garcia termine sa communication.

M. F. Bonnefond dit qu'il doit remercier M. Garcia pour le travail consciencieux auquel il s'est livré dans son étude des forces motrices du Haut-Rhône français, et donne sur le même sujet quelques renseignements complémentaires.

M. le Président félicite M. Garcia de l'exposé si complet qui vient d'être présenté et l'en remercie.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. H. André, L.-W. Breuer, G. Charpy, E.-E.A. Damerose, M.-L. Dumuis, L. Escande, B.-A. Navarre, M. Pierron, G.-J.-A. Pradel, C. Sassin, G. Schumacher et J. Sengeisen, comme Membres Sociétaires, et MM. L. Balin, P. Desmarais et E.-V. Gensse, comme Membres Associés.

MM. P. Beaugrand, W. Czarnowsky, H.-G. Fruchard, L. Lehé. P. de Luca, M.-J. Massing, A. Muller, Ch. Péterson, L. de Ronninal. A. Schwartz, J.-G. Werchowzow, sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
G. Courtois.

NOTE

SUR

QUELQUES EXPÉRIENCES DE FLEXION PAR CHOC

SUR BARREAUX ENTAILLÉS [1]

exécutées dans les Ateliers de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est

PAR

M. J. BARBA

Les essais, que je crois devoir signaler à l'attention de notre Société, ont été entrepris, il y a quelque temps déjà, pour une Sous-Commission de l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction; ils ont été exécutés dans les ateliers d'essais du Chemin de fer de l'Est, grâce à l'obligeante autorisation de M. Salomon, Ingénieur en chef du matériel et de la traction, qui a bien voulu mettre à notre disposition toutes les ressources de ces ateliers et autoriser notre collègue, M. Le Blant, chef du service des réceptions, à nous donner le plus précieux concours en préparant et dirigeant ces expériences un peu délicates.

La méthode d'essai (2) consiste à former par une entaille à

(1) Voir mes communications de décembre 1893 à la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction sur les essais au choc de barreaux entaillés (deuxième session) et de 1895 à l'Association technique maritime sur l'emploi dans les constructions d'acier à haute limite d'élasticité.

(2) Les métaux obtenus par fusion, l'acier en particulier, peuvent être considérés, à leur origine, comme une agrégation de cristaux très complexes, plus ou moins gros. Cette simple définition suffira à faire comprendre ma pensée et permettra, ainsi limitée, d'éviter toute complication. Les essais sur barreaux entaillés, dont j'ai signalé jadis l'utilité, doivent, à mon avis, avoir pour objet principal la mesure de la cohésion qui relie entre eux ces cristaux; il faut, pour cela, chercher à faire passer une section de rupture à travers leurs joints, de façon à les séparer, à les arracher, en évitant, le plus possible, toute déformation dans chacun d'eux.

Dans les essais ordinaires, la déformation générale très considérable entraîne très vite la dislocation, l'écrasement de chaque cristal et, le plus souvent, la section de rupture est complexe, passant partiellement au travers des cristaux, partiellement dans une partie des joints. Ceux-ci n'apparaissent nettement que dans certaines éprouvettes franchement mauvaises et avec de faibles déformations.

En étudiant ces points faibles, on doit arriver, à peu de frais, à les éviter ou à les renforcer; c'est-à-dire à obtenir une homogénéité relative plus satisfaisante, et je suis persuadé qu'on améliorera, dans une mesure sensible, la valeur des matériaux employés dans les constructions.

angle vif une section affaiblie où se localisent sur un volume de métal aussi limité que possible les déformations qui provoquent la rupture d'une éprouvette par traction, flexion ou autrement, avec ou sans choc.

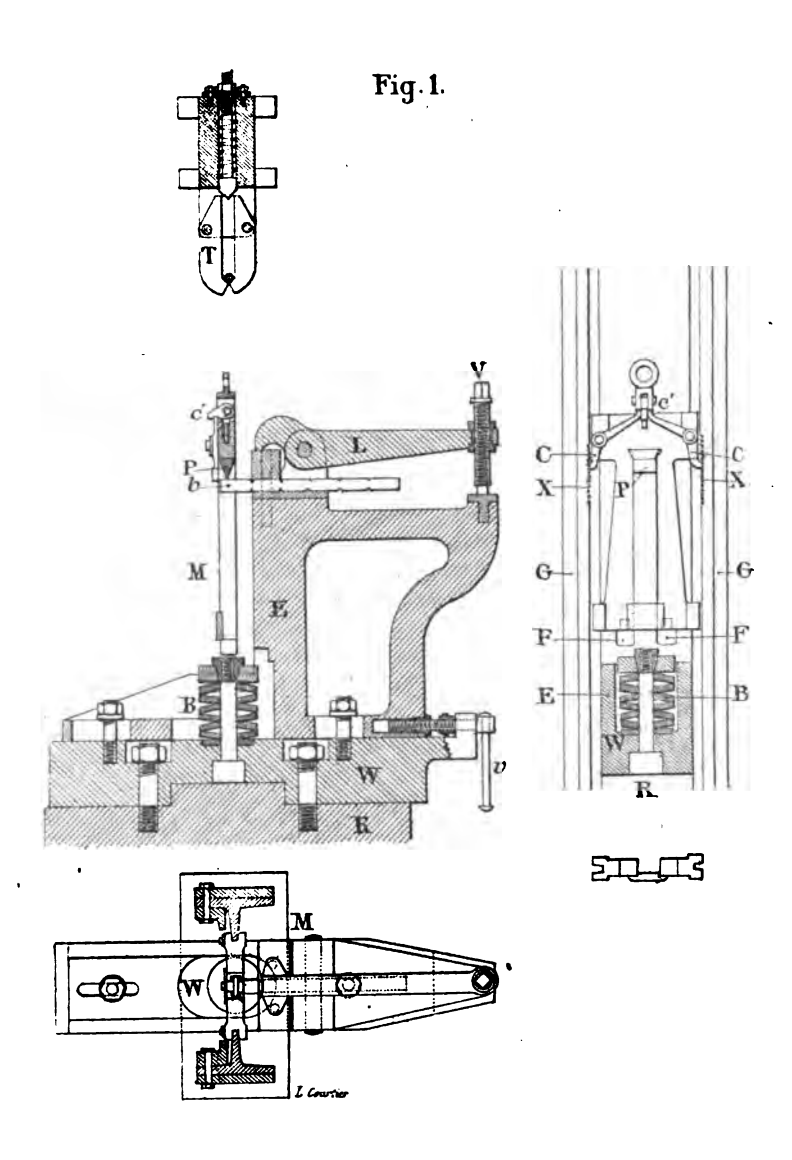
Les seules expériences faites jusqu'ici sont des essais de flexion par choc ; un dispositif complémentaire, en cours d'exécution, permettra dans peu de temps de faire des essais de traction qui paraissent devoir présenter un intérêt tout particulier pour l'étude de la cohésion. La valeur du métal dans chaque section est appréciée par la hauteur de chute du mouton produisant la rupture. M. Fremont a très heureusement complété la méthode d'essai primitive en mesurant la force vive restante du mouton après la rupture de l'éprouvette, ce qu'on obtient en le recevant soit sur des ressorts soit sur des crushers dont on détermine la déformation (1). On est ainsi à l'abri des erreurs d'appréciation de l'opérateur cherchant primitivement à estimer chaque fois, d'après son impression personnelle, cet excès de force vive.

Appareil d'essai.

On s'est servi d'un appareil à essayer les bandages au choc, profondément modifié pour la circonstance. Un mouton en acier forgé de forme toute spéciale, comme on le voit sur la figure 1, du poids de 25 *kg*, pouvait tomber d'une grande hauteur qu'on n'a du reste pas utilisée ; il frappe par un couteau sur l'éprouvette, maintenue fortement encastrée, avec son extrémité en porte à faux. Le mouton, après avoir brisé l'éprouvette, frappe, par sa partie inférieure, sur des ressorts qui le font rebondir à une hauteur plus ou moins grande, suivant leur aplatissement et par suite suivant la force vive restante qui l'a déterminé.

(1) M. Fremont a décrit au récent Congrès international des méthodes d'essai, le mouton qu'il emploi dans son laboratoire pour des essais de ce genre. A la suite de ses premiers travaux un mouton plus ou moins analogue a été construit par la Société Vulkan, à Budapest pour le chemin de fer du Nord Autrichien.

Dans une communication récente (février 1901), à la Société d'Encouragement M. Fremont a indiqué les résultats de quelques-uns de ses essais sur barreaux entaillés à la scie d'un seul côté. Ces expériences très intéressantes méritent un examen attentif, d'autant plus que des essais de ce genre suffiraient peut-être dans la pratique des réceptions, mais je crains qu'il ne soit difficile d'en tirer un profit sérieux pour des recherches approfondies. La largeur de l'entaille et la disposition sur deux appuis de la barrette recevant le choc en son milieu entraînent une déformation générale importante où l'on retrouve un certain nombre des phénomènes visibles dans les essais ordinaires de flexion ; ce qui paraît devoir masquer les phénomènes qui ressortiraient, il me semble, de ces essais, si la localisation de la déformation avait été aussi limitée que possible.



MOUTON D'ESSAI

M Mouton.
C Cliquets.
c' Chiens d'arrêt des cliquets.
P Couteau de frappe sur la barrette.
FF Frappes sur les ressorts.
E Enclume recevant la barrette b.
L Levier de serrage.
V Vis de serrage du levier.
W Patin.
v Vis de réglage de l'enclume à l'axe du mouton.
B Ressorts Belleville.
R Chabotte.
GG Montants de guidage.
XX Crémaillères.
T Tenaille de levage du mouton.

Un appareil à déclic s'arme automatiquement par une butée qu'il rencontre dans sa course après la rupture de la barrette et ses branches s'engageant dans les dents de crémaillères latérales, maintiennent le mouton à l'extrémité supérieure de sa course de rebondissement. La hauteur de chute du mouton et celle du rebondissement se lisent sur une échelle graduée que portent les montants de guidage. D'après la hauteur du rebondissement, on apprécie la force vive restante en se basant sur des expériences préliminaires de tarage des ressorts, dans lesquelles on leur a fait subir le choc direct du mouton sans barrette intercalée et on a observé le rebondissement qui en est résulté.

Le couteau, formant la frappe du mouton sur la barrette, est maintenu dans sa position par des clavettes qui lui permettent, sous une force considérable, un certain déplacement ; si un effort latéral important se produisait accidentellement, il n'entraîne pas alors de désordres graves dans l'appareil. Des ruptures de guidages pourraient, en effet, résulter de la flexion d'un fragment ne se détachant pas complètement de la barrette, ainsi qu'on l'observe parfois dans les aciers doux de très bonne qualité et de texture très nerveuse.

Il est inutile d'insister davantage sur les détails de ce mouton. La construction d'un appareil nouveau est toujours délicate et, en le reproduisant, il est bien rare qu'on ne trouve pas d'amélioration à y introduire. L'appareil des ateliers de l'Est, quoique réussi à divers points de vue, est sans doute dans ce cas, mais, avec cet appareil tel qu'il est, on a une précision qui semble très suffisante pour ces premiers essais.

Barrettes d'essai.
Forme et préparation des entailles.

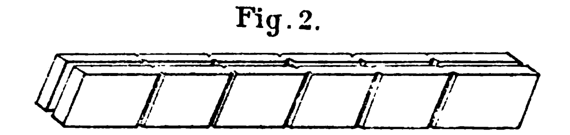
L'attention devait se porter tout d'abord sur la manière pratique de faire les entailles, leur forme, les écarts inévitables et la précision sur laquelle on peut compter dans ces expériences. Une première série de recherches faites sur des tôles en acier extradoux, en montrant la présence d'une série de variables (1).

(1) En particulier l'importance des soufflures que l'on trouve souvent aplaties par le laminage, quand on entaille les surfaces brutes de la tôle, les plans de glissement constitués par ces soufflures facilitent la déformation et l'on trouve à l'essai une résistance exagérée. Les barrettes tendent à se comporter comme une pièce formée de feuillets parallèles, plus ou moins soudés, glissant les uns sur les autres, les feuillets extérieurs étant seuls influencés par les entailles. Des barrettes souffleuses doivent toujours être essayées en disposant verticalement les surfaces de laminage.

a accentué la nécessité d'en écarter le plus grand nombre, en opérant sur du métal aussi homogène que possible. L'acier des bandages de locomotives, métal à 55 *kg* de résistance moyenne à la rupture par traction, a paru devoir présenter des garanties spéciales, en raison de la forme presque circulaire du lingot, de la suppression de sa partie centrale et du laminage étirant la matière dans une seule direction.

Des barreaux carrés de 30 *mm* sur 30 *mm* de largeur et de 250 *mm* de long, provenant de divers bandages, ont été refendus longitudinalement et ont donné chacun deux barrettes jumelles égales de 12 *mm* sur 30 *mm* et 250 *mm* (*fig. 2*). Ces barrettes ont

Fig. 2.



reçu cinq doubles entailles suivant des sections transversales se correspondant; on préparait ainsi des sections de rupture très voisines, deux à deux, et de constitution vraisemblablement analogue. Les deux faces opposées de la barrette recevant la même entaille, l'épaisseur de 12 *mm* était réduite à 10 ou 8 *mm* entre les arêtes des entailles opposées, suivant que la profondeur de celles-ci était de 1 ou de 2 *mm*.

La profondeur de ces entailles relevée avec des instruments de précision était exacte à 0,05 *mm* près. Elles ont été faites à l'outil de machine à raboter, à la fraise, à la scie circulaire ou au couteau enfoncé sous pression.

1° Un outil de machine à raboter, tour, limeuse, etc., à angle absolument vif s'émousse avec une rapidité telle qu'on doit dans la pratique renoncer à s'en servir. Les outils employés étaient donc terminés par un arrondi suffisant pour conserver leur forme sensiblement rigoureuse après entaillage de plusieurs barrettes;

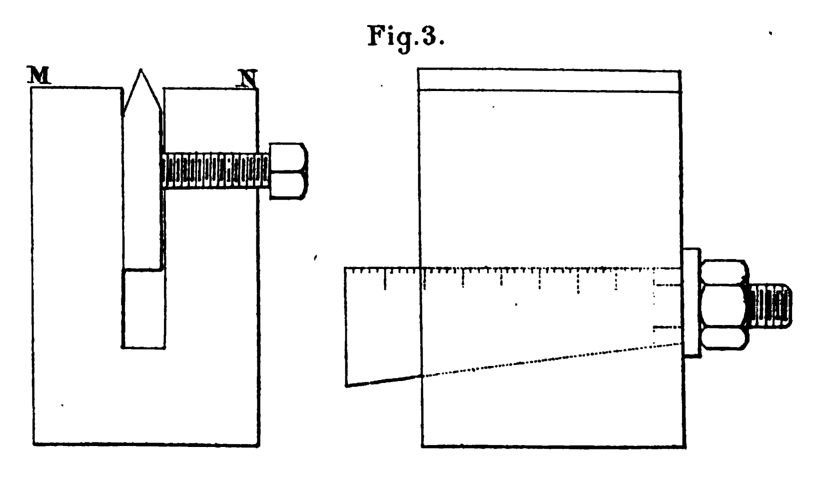
2° Le découpage à la fraise n'a pu, malgré toutes les précautions, donner un angle absolument vif. Au fond de l'entaille on avait un méplat d'environ 0,2 *mm*.

3° Les scies circulaires étaient guidées dans le voisinage de la partie où elles travaillaient. Néanmoins, les entailles n'étaient pas rigoureusement rectangulaires et en particulier celles obtenues avec la scie de 0,5 *mm* d'épaisseur avaient plus de largeur

à l'extérieur qu'au fond de l'entaille. De plus les angles vifs des dents s'émoussaient assez vite;

4° Les entailles par impression étaient faites avec un couteau à angle vif, encastré solidement dans une pièce métallique; sa saillie en dehors de cette pièce était déterminée par un coin gradué et réglable à 0,05 *mm* près. L'enfoncement était produit par une presse hydraulique et le couteau pénétrait jusqu'au portage de la surface MN sur celle de la barrette *(fig. 3)*. L'acuité de l'arête des couteaux était parfaitement conservée après plus d'une centaine d'entailles faites sur le métal dont il s'agit, (sauf pour le couteau à 30° d'angle au sommet qui s'ébréchait et qu'on a écarté après quelques essais).

Fig.3.



La difficulté d'obtenir, en dehors du couteau, des entailles à angle vif et l'inconvénient de l'écrouissage inévitable qui résultait de l'emploi de ce couteau conduisaient naturellement à ébaucher l'entaille à l'outil ou à la fraise pour la terminer au couteau sur le dernier demi-millimètre seulement. L'écrouissage produit par ces différents couteaux, quoiqu'il ne soit certes pas nul, ne paraît pas bien important, du moins sur le métal expérimenté et dans les conditions des expériences; il semble bien qu'on puisse négliger, dans ces premières recherches, celui qui résulte de l'enfoncement du couteau de 45° achevant l'entaille sur 1/2 *mm*.

Trempes et recuits.

Les opérations de trempe et de recuit ont eu lieu, sauf pour la barrette O*b*, avant la séparation des barrettes jumelles; étant

donnés les appareils dont on disposait, il y a eu certainement sur la longueur des barreaux un certain écart de température au chauffage, mais les sections correspondantes de deux barrettes jumelles se trouvaient dans des conditions aussi semblables que possible.

Production du froid.

Les barrettes à essayer à des températures inférieures à la température ambiante étaient plongées dans du chlorure de méthyle jusqu'à cessation ou du moins très grand ralentissement de l'ébullition. La barrette alors à — 23° était enlevée, mise en place sous le mouton et essayée le plus rapidement possible. Sa température s'élevait incontestablement, mais le fragment rompu se couvrait toujours de givre et adhérait assez fortement au contact du doigt. Le givre ne fondait qu'au bout de quelques minutes. D'après ces indices, la température, lors de l'essai, est supposée de — 10°. Après chaque coup de mouton, la partie restante de la barrette était refroidie de nouveau pour l'essai suivant.

Précision des expériences.

La précision des essais doit être examinée au point de vue de la confection, de la mise en place des barrettes et à celui de l'appareil de choc.

En dehors de l'acuité, la précision dans l'exécution des entailles ne parait pas avoir une extrême importance ; on a vu que la profondeur était mesurée à 0,05 *mm*. Les écarts de position des entailles opposées préparant la section de rupture pouvaient faire varier la hauteur de celle-ci de quelques dixièmes de millimètre. La distance de la section de rupture à l'axe du mouton pouvait varier à la mise en place de la barrette de quelques dixièmes également ; sur un bras de levier de 35 *mm*, cet écart n'a pas une grande importance.

En ce qui concerne le mouton, si on néglige la perte de force vive par les frottements pendant la chute, les points les plus importants à signaler sont le jeu du mouton dans les montants de guidage pouvant faire varier de 1 *mm* au plus, le bras de levier de 35 *mm* indiqué ci-dessus et surtout la précision limitée que donnait la mesure du rebondissement pour apprécier la force vive restante après rupture de la barrette. Il y a plusieurs causes de variations : les frottements dans les guidages au rebon-

Barreaux entaillés. Essais au choc par flexion.

MARQUES DE REPÈRE		ENTAILLES				HAUTEUR DE RUPTURE						OBSERVATIONS
		PROFONDEUR TOTALE	MODE D'EXÉCUTION DES ENTAILLES	ANGLE AU SOMMET	FORME de L'ENTAILLE	ENTAILLE 1	ENTAILLE 2	ENTAILLE 3	ENTAILLE 4	ENTAILLE 5	MOYENNE	
		mm		degrés		*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	
A	*a*	1	Couteau	45	Aigue.	5	4	5	5	5	4,8	
	b	1	Fraise	45	Aigue (1).	16	17	17	20,5	19	17,9	
B	*a*	1	Couteau	45	Aigue.	21,5	17	19	16	14	16,3	
	b	1	Outil rayon 0,25 *mm*	45	Arrondie.	91 (2)	100 (2)	88	69	75	77,3	
C	*a*	1	Couteau	45	Aigue.	9	11	6	6	5	7,4	
	b	1	Outil rayon 0,5 *mm*.	45	Arrondie.	78	103	91	91,5	91,5	91,0	
E	*a*	0,95	Couteau	45	Aigue.	5	6	6	6	6	5,8	
	b	0,95	Scie épaisseur 0,5 *mm*	»	Rectangul. (3)	82	72	63	69	56	68,4	
F	*a*	1,05	Couteau	45	Aigue.	4	4	5	5	5	4,6	
	b	1,05	Scie épaisseur 1 *mm*	»	Rectangulaire.	69	68,5	50	69	84	68	
G	*a*	1,1	Couteau	45	Aigue.	11,5	11	11,5	10	10	10,6	
	b	1,1	Scie épaisseur 2 *mm*	»	Rectangulaire.	150 (2)	125	119	134	134	128	
H	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	5	5,5	5	5,5	5	5,2	
	b	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau.	45	Aigue.	10	6	6	8	11	8,2	
I	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	4	5	5	4	4	4,4	
	b	2	1 *mm* outil + 1 *mm* couteau.	45	Aigue.	5	5	5	5	5	5	
J	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	5	5	4	5	4	4,6	
	b	2	0,5 *mm* outil + 1,5 *mm* couteau.	45	Aigue.	4	4	6	5	5	4,8	
S	*a*	1,1	1 *mm* fraise 0,1 couteau.	45	Aigue.	11,5	11,5	11	12,5	14	12,1	
	b	1,15	Fraise	45	Aigue (1).	20,5	20,5	20,5	30	26	23,5	
K	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	5,5	4,5	4,5	4,5	4	4,6	
	b	1,5	Couteau	45	Aigue.	10	10	10	4,5	4	7,7	

L	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,7	
	b	1	Couteau	45	Aigue.	13,5	12,5	12	12	12	12,4	
M	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,6	
	b	0,5	Couteau	45	Aigue.	25 (2)	19	35	22	35	27,7	
P	*a*	1	Couteau	45	Aigue.	4	4	5	5	5,5	4,7	Pression d'enfoncement 6 *t*.
	b	1	Couteau	90	Aigue.	4	4	5,5	5	5	4,8	Pression d'enfoncement 12 *t*.
Q	*a*	1	Couteau	45	Aigue.	5,5	5,5	6	5,5	5,5	5,6	
	b	1	Couteau	60	Aigue.	6	5,5	6	6	5,5	5,8	Pression d'enfoncement 9 *t*.
R	*a*	1	Couteau	45	Aigue.	6	5,5	6	6	6	5,9	
	b	1	Couteau	30	Aigue.	6	10	11	9	11	9,4	Pression d'enfoncement 3 *t*.
O	*a*	2	Couteau	45	Aigue.	»	5,5	5	5	4,5	5	
	b	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	»	85	92,5	84	84	86,4	Trempé et recuit.
V	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau. .	45	Aigue.	4	5,5	5	4	4	4,5	
	b	2	Outil rayon 0,25 *mm*	45	Arrondie.	19	19	19	19	19	19	
X	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	100 (2)	131	138	126	116,5	127,8	Trempé et recuit.
(4)	*b*	2	Outil rayon 0,25 *mm*	45	Arrondie.	141	119	128	122	113	124,6	
Y	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	9	5,5	3	4	5	5,3	
	b	2	Outil rayon 0,5 *mm*	45	Arrondie.	38,5	39	17	29	36	31,9	
Z	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	38	38	50 (2)	69	69	53,5	Trempé et recuit.
(4)	*b*	2	Outil rayon 0,5 *mm*	45	Arrondie.	38	41,5	68	69	64,5	56,2	
B′	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	6	6	6	5	4	5,4	Température + 18°.
	b	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	1	0,5	1	1	1	0,9	Température — 10°.
E′	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	7,5	5	5	5	5	5,5	Température + 18°.
	b	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	5	2	3	3	2	3,0	Température — 10°.
D′	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	110	118	119	116	118	116	Trempé et recuit.
(4)	*b*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	119	126	126	122	118	122	
F′	*a*	2	1,5 *mm* outil + 0,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	100 (2)	97	87	68	37	72,5	Température + 18°. } Trempé et recuit.
(4)	*b*	2	1,5 *mm* outil + 5,5 *mm* couteau . .	45	Aigue.	123	116	97	72	37	80,5	Température — 10°.

(1) La fraise a produit un méplat de 0,2 *mm* environ au fond de l'entaille au lieu d'une arête vive.

(2) Non rompus entièrement n'entrent pas dans la moyenne, non plus que les essais correspondants de la barrette *a* ou *b*.

(3) En réalité trapézoïdale la petite base au fond de l'entaille.

(4) Les barreaux carrés X, Z, D′ et F′ ont été trempés à l'eau à 900° puis recuits à 600° avant d'être fractionnés pour donner *a* et *b*.

dissement, ceux de l'extrémité des chiens d'arrêt contre les crémaillères, l'écartement des dents successives de celles-ci, ne faisant varier que de 5 en 5 *mm* les points d'arrêt du mouton au rebondissement etc. D'après les écarts trouvés pour une même hauteur de chute, on voit qu'un rebondissement donné ne permet d'apprécier la hauteur de chute qui l'a provoqué qu'avec une erreur pouvant aller jusqu'à environ 7 ou 8 0/0. Il était désirable, d'après cela, de limiter autant que possible la force vive restante ; aussi quelques essais ont été perdus par insuffisance de hauteur de chute du mouton, ne déterminant pas la rupture complète de l'éprouvette.

La force vive absorbée par le fragment détaché de la barrette et pouvant prendre différentes vitesses paraît assez négligeable. Pour ce fragment, du poids de 115 *gr* environ, la vitesse certainement exagérée de 5 *m* (qui est celle du mouton tombant d'une hauteur de 1,25 *m*) correspondrait à une variation de 5 *mm* dans la hauteur de chute du mouton.

Nous résumerons ce qui précède en estimant, pour la discussion des résultats de ces expériences que les hauteurs de rupture indiquées sont déterminées avec une erreur possible ne dépassant pas 10 0/0.

Résultats observés.

On peut, relativement à ces résultats, faire les remarques suivantes :

1° En s'astreignant à des soins suffisamment minutieux dans la préparation des entailles, il semble possible d'obtenir pour un type donné d'entailles des résultats assez constants. L'emploi du couteau pour terminer l'entaille fournit un entaillage facile et de forme très satisfaisante ;

2° L'écrouissage déterminé par les différents couteaux paraît assez faible (du moins avec le métal employé) et il semble bien qu'on peut négliger celui qui résulte du couteau enfoncé de 1/2 *mm* au plus pour donner à l'entaille ébauchée l'acuité finale ;

3° L'entaillage au couteau est le seul procédé par lequel on ait pu obtenir une extrême acuité ;

4° Pour le métal, tel qu'il existait dans les barreaux découpés des bandages, le degré d'acuité de l'entaille a une extrême importance ; les hauteurs de rupture croissent à mesure qu'on s'écarte davantage de l'angle vif. Ainsi, avec des entailles de

2 mm de profondeur réduisant la section de 1/3, *barreaux V et Y*, on observe des hauteurs de rupture de 5, 19 et 32 *cm* correspondant respectivement à un angle vif et à des arrondis de 1/4 et 1/2 *mm* de rayon au fond de l'entaille.

Cette influence s'accentue quand on diminue la profondeur de l'entaille; on voit alors une certaine déformation se produire dans le corps des barrettes les moins fragiles, peu profondément entaillées. Ainsi, *barreau C* avec des entailles de 1 *mm* de profondeur réduisant la section de 1/6, on observe des hauteurs de rupture de 7,4 *cm* et 91 *cm* respectivement pour un angle vif et un arrondi de 1/2 *mm* au fond de l'entaille;

5° Le métal soumis à un traitement de trempe et de recuit, accuse une élévation énorme de la hauteur de rupture. Dans le *barreau O*, cette hauteur passe de 5 *cm* à 86 *cm*. La cassure devient nerveuse alors que, pour le métal primitif, elle est à grains plus ou moins gros. Ce caractère est tellement net qu'il peut servir, jusqu'à un certain point, à apprécier la hauteur de rupture;

6° Dans le métal trempé et recuit, l'influence de l'acuité de l'entaille est absolument nulle. Ainsi on a *barreau X* : hauteur de rupture 127 *cm* et 124 *cm* respectivement pour entailles à angle vif et à arrondi de 1/4 *mm* de rayon et, *barreau Z* : hauteurs de rupture 53 *cm* et 56 *cm* pour entailles à angle vif et à arrondi de 1/2 *mm* de rayon;

7° Quand la température de la barrette d'essai passe de + 18° à environ — 10°, la hauteur de rupture du métal ordinaire s'abaisse beaucoup :

Barreau B' elle passe de 5,4 *cm* à 0,9 *cm* ; *barreau E'* de 5,5 *cm* à 3 *cm*;

8° Sur le métal trempé et recuit, cette influence de la température n'existe plus; elle paraît plutôt s'exercer en sens inverse, la hauteur de rupture augmentant avec le froid. Ainsi :

Barreau D' elle passe de 116 *cm* à 122 *cm* ; *barreau F'* de 72 *cm* à 80 *cm*.

Conclusion.

Ces expériences par choc sur barreaux entaillés ne sont pas encore très nombreuses; elles ont besoin d'être multipliées, variées et complétées par des essais de traction avec et sans chocs. Malgré les critiques qu'on fera peut-être à ces premières expériences (spécialement en ce qui concerne les faibles hauteurs

de chute) j'ai cru utile de signaler dès maintenant les quelques résultats qui précèdent, dans le but de provoquer promptement de nouvelles recherches dans une voie plus ou moins analogue. De ce qui précède, il semble qu'on puisse dégager les conclusions suivantes :

I. Dans les essais avec entailles, il est indispensable de préciser la forme de l'entaille, son importance et son mode d'exécution. Parmi les différentes formes admissibles, une extrême acuité paraît recommandable, comme le meilleur moyen de beaucoup mieux différencier le métal suivant sa valeur. La profondeur de l'entaille doit être suffisante pour localiser la déformation dans son voisinage immédiat. Le meilleur mode de préparation paraît être jusqu'ici l'ébauchage à l'outil et le finissage au couteau sur une profondeur minime. Il est nécessaire d'opérer à température constante ou du moins d'observer la température de l'expérience (1). L'importance de l'acuité de l'entaille et de la température, très grande pour un métal peu résistant, à texture cristalline diminue beaucoup quand il s'agit d'un métal à texture plus satisfaisante.

II. Le traitement par trempe et recuit ou par trempes successives, traitement dont l'efficacité est connue depuis longtemps, a la plus grande influence sur les résultats de ces essais. Le rapport à la Commission des méthodes d'essai déjà cité (2) montre qu'un même résultat peut être obtenu de bien des manières; il peut l'être sans doute encore avec d'autres procédés que ceux qui sont indiqués. En cherchant un peu, on trouverait certainement bien vite, dans les usines de production, des variantes de fabrication peu coûteuses modifiant avantageusement la texture du métal le plus commun. Il semblerait que des aciers ainsi améliorés, avec une limite d'élasticité plus élevée (peut-être moins de sensibilité à l'écrouissage, on peut l'entrevoir dans les essais mentionnés ci-dessus, mais la chose est encore à bien vérifier) seraient à l'abri du danger des angles vifs et des ruptures au choc par les temps froids.

Désirant conserver à cette communication son caractère expérimental, je ne cherche pas à expliquer les phénomènes obser-

(1) Ainsi du reste que l'a recommandé M. André Le Chatelier au Congrès international des méthodes d'essai.

(2) Essais au choc de barreaux entaillés. Commission des méthodes d'essai, deuxième session.

vés par des considérations sur les transformations des divers constituants de l'acier. Je ne désire pas non plus essayer de rattacher étroitement ces phénomènes à ceux qui accompagnent dans les divers aciers la production de la limite d'élasticité. Il est permis toutefois de supposer, dès maintenant, qu'ils n'y sont pas étrangers et il y a lieu, je crois, de s'en préoccuper en étudiant les variations des coefficients de sécurité qu'on désigne souvent dans leur ensemble sous le nom de Wœhler et dont la nécessité indiquée par la pratique, ne tient peut-être qu'à l'imperfection de nos connaissances ou plus simplement qu'à l'imperfection de certains des métaux que nous employons et qu'on doit pouvoir facilement améliorer.

LES FORCES MOTRICES DU HAUT-RHONE [1]

ÉTUDE

SUR

L'UTILISATION DES CHUTES DU RHONE

ENTRE LA FRONTIÈRE SUISSE ET PYRIMONT

PAR

M. A. GARCIA

AVANT-PROPOS

Le Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France a déjà publié deux notices sur l'utilisation des forces hydrauliques du Haut-Rhône français. Nous venons aujourd'hui apporter notre contribution à cette étude d'un intérêt considérable, puisqu'il s'agit de mettre en œuvre, au profit de l'industrie nationale, une des plus puissantes sources d'énergie que nous possédions en France, et de marcher enfin dans la voie où les Suisses nous ont précédés depuis longtemps.

La première notice, insérée au bulletin du mois d'août 1899, est due à M. Bonnefond, notre Collègue, ancien Directeur de la Société des Phosphates de la Valserine et du Rhône; elle indique et décrit très sommairement les différents projets qui faisaient alors l'objet de demandes en concessions.

Ces projets sont au nombre de trois, plus une demande d'agrandissement déposée par la Société des Forces Hydrauliques de Bellegarde, demande dont M. Bonnefond n'a pas cru devoir parler.

La deuxième notice parue a été insérée dans le Bulletin du mois de novembre 1900. C'est une réponse à celle publiée par M. Bonnefond; elle est due à notre Collègue M. Carbonel, Ingénieur civil.

(1) Voir planche 8.

Dans cette notice M. Carbonel justifie la préférence qu'il accorde au projet d'agrandissement de l'usine de la Société des Forces Hydrauliques de Bellegarde, et au projet présenté par MM. Planche et C[ie].

La lecture des deux notices que nous venons de citer démontre que leurs auteurs, en les publiant, ne se sont pas attachés à envisager la question d'utilisation du Haut-Rhône au point de vue de l'intérêt général.

Les données sur lesquelles sont basées les objections soulevées, notamment dans la notice de M. Carbonel, ne sont que spécieuses, elles ne s'appliquent en outre qu'à une partie restreinte du parcours utilisable du fleuve, et non à l'ensemble de la région à considérer.

Si l'on veut au contraire établir un programme permettant l'utilisation complète et rationnelle du Haut-Rhône, entre la frontière Suisse et Pyrimont, il ne faut pas considérer telle ou telle partie du parcours du Rhône, il ne faut pas non plus tenir compte des intérêts particuliers qui ont pu guider les demandeurs en concessions dans l'établissement de leurs avant-projets; la question doit être envisagée de plus haut car il s'agit, nous le répétons, de l'aménagement de l'une des sources les plus importantes d'énergie que possède la région des Alpes Françaises.

On ne doit pas perdre de vue, que quelle que soit l'importance des grandes forces hydrauliques d'une région mises en œuvre, elles ne suffiront pas, dans un avenir assez rapproché, à satisfaire tous les besoins.

Il est donc du plus grand intérêt pour la collectivité, que l'État, avant d'accorder des autorisations ou concessions ayant pour objet l'installation d'usines hydro-électriques, sauvegarde l'avenir en fixant préalablement au moyen d'une réglementation judicieusement faite, les chutes disponibles, et les emplacements où pourront être construits des barrages de retenue. Procéder différemment serait, comme nous le verrons au cours de cette étude, s'exposer à rendre le Rhône inutilisable sur plusieurs tronçons de son parcours, et perdre de ce fait une source précieuse de richesse nationale.

Avant d'aborder le fond même du sujet de cette notice, nous allons étudier les conditions générales d'établissement des ouvrages dans cette région du Rhône que nous décrirons, et dont nous déterminerons le régime hydraulique.

Pour présenter la question sous toutes ses faces, nous diviserons cette étude en trois parties.

Nous étudierons :

Dans la première, sans nous préoccuper des projets actuels des demandeurs en concessions, quel serait au point de vue théorique, l'utilisation la plus complète de la pente et du débit du Rhône, en envisageant une série de paliers correspondant chacun à des barrages rationnels, tant au point de vue de l'économie que de la sécurité et de la préservation des ouvrages; nous arriverons ainsi à déterminer la puissance théorique maxima qu'il est possible de capter.

Dans la seconde partie, nous étudierons les projets actuellement soumis aux enquêtes, et nous rechercherons par quel règlement d'eau on arriverait à se rapprocher le plus possible du rendement théorique.

Enfin dans la troisième partie, nous montrerons qu'une entente entre les demandeurs en concessions, et la petite usine existante permettrait de réaliser facilement une solution plus économique et plus avantageuse, se rapprochant encore davantage de l'utilisation théorique.

PREMIÈRE PARTIE

DE L'UTILISATION LA PLUS ÉCONOMIQUE DU RHONE ENTRE LA FRONTIÈRE SUISSE ET PYRIMONT

Description des lieux et géologie des terrains.

Après avoir franchi la frontière Suisse, le Rhône coule d'abord de l'est à l'ouest, puis il tourne brusquement vers Bellegarde, pour descendre ensuite du nord au sud *(fig. 1, pl. 8)*.

Entre la frontière Suisse et Pyrimont, sur la plus grande partie de son parcours, le lit du fleuve est profondément encaissé, les berges sont formées par des falaises escarpées qui atteignent parfois des hauteurs de plus de 100 *m*.

La largeur du lit est très variable. Dans les parties où les berges sont constituées par des formations calcaires, on remarque, comme au Pas de Malperthuis des goulets qui n'ont que quelques mètres de largeur.

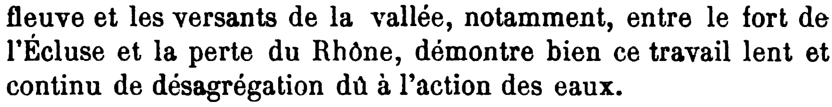
Les falaises qui constituent les berges du fleuve, sont presque

partout rongées en dessous par les eaux, qui se sont ainsi créé des lits souterrains, dont il est presque toujours impossible d'apprécier l'étendue.

Ci-contre nous donnons une section type applicable spécialement aux parties rétrécies du fleuve *(fig. 1)*.

L'importance des affouillements des berges varie suivant la nature et la compacité des formations rocheuses dont les berges sont formées.

Fig. 1.



Les molasses marines qui constituent un étage géologique dont la puissance est d'environ 20 *m*, sont plus facilement corrodées par les eaux; on remarque notamment en aval du Pont de Grésin, des bancs de mollasses rongés à la base, et qui s'avancent en surplombant le lit du fleuve, jusqu'à des distances de 10 et 15 *m*.

L'innombrable quantité de blocs détachés qui encombre le lit du fleuve et les versants de la vallée, notamment, entre le fort de l'Écluse et la perte du Rhône, démontre bien ce travail lent et continu de désagrégation dû à l'action des eaux.

Le calcaire Urgonien qui commence à affleurer à la perte du Rhône, constitue à partir de ce point, jusqu'à Génissiat, les falaises qui forment les berges du fleuve. Cette roche n'est pas homogène, certains bancs offrent une très grande dureté, d'autres au contraire s'effritent facilement sous l'influence des agents atmosphériques.

Les couches supérieures offrent généralement plus de résistance que les couches inférieures. Nous avons notamment remarqué dans les carrières de pierres à chaux exploitées autrefois à Bellegarde par la Société des phosphates de la Valserine et du Rhône, que certaines couches extraites à 10 *m* de profondeur environ, se coupaient facilement au couteau, alors que les couches supérieures étaient très résistantes. C'est sans doute ce qui explique la nature tout à fait spéciale du lit du Rhône entre Bellegarde et Génissiat.

A 300 *m* en amont du pont de Lucey, le Rhône se précipite d'une hauteur d'environ 13 *m* dans une excavation souterraine, disparaît en basses eaux pendant environ 200 *m* pour ressortir

entre deux parois de rochers surplombant son lit Les affouillements souterrains de cette partie doivent être considérables et s'étendre bien avant de chaque côté des berges apparentes du fleuve, les nombreux débris flottants charriés par le Rhône disparaissent dans cette excavation, et l'on a pu ainsi voir fréquemment ce gouffre engloutir des troncs d'arbres ne mesurant pas moins de 12 à 15 *m* de longueur.

L'existence de semblables affouillements aux abords de la perte du Rhône, ainsi que sur toute la partie où le fleuve offre un rétrécissement exagéré de son lit par suite des falaises rocheuses qui lui servent de berges, ne peut, il ne faut pas se le dissimuler que susciter de sérieux inconvénients pour les installations industrielles, canaux d'amenée et usines qui viendraient s'établir sur ses bords.

Dans les parties ou les berges sont profondément affouillées,

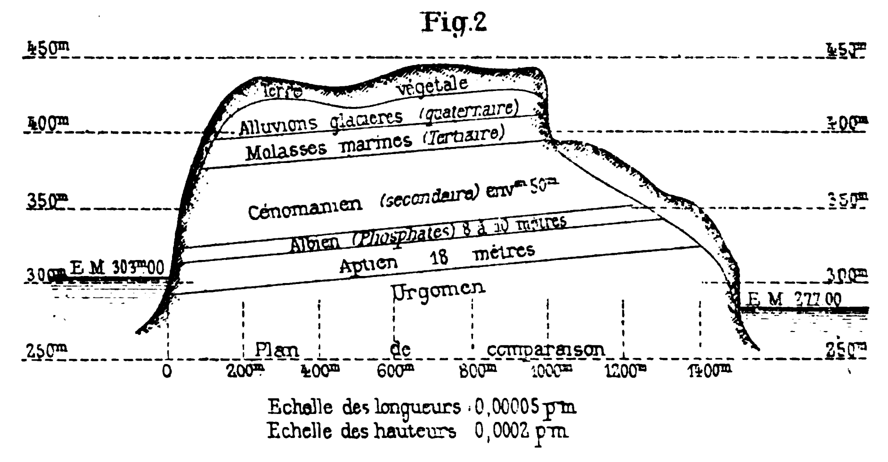


Fig.2

la captation des eaux au moyen de barrages peut devenir particulièrement difficile et dangereuse, surtout si les barrages projetés atteignent de grandes hauteurs.

Bien que les renseignements que nous possédons sur la géologie du Raut-Hhône soient incompiets, nous pensons qu'il est intéressant de les indiquer; à cet effet, nous les avons résumés dans la coupe géologique que nous donnons ci-dessus *(fig. 2)*.

Cette coupe a été relevée suivant la direction du tunnel prévu au projet présenté par le syndicat d'études des Forces Motrices du Haut-Rhône.

L'inclinaison des couches, notamment de la couche de calcaire Urgonien, a été vérifiée au moyen de sondages et de nivellements.

Régime hydraulique du Rhone.

Le Rhône est soumis à un régime hydraulique essentiellement variable. Les crues y sont fréquentes et subites, mais de peu de durée. La période des basses eaux correspond aux mois de novembre, décembre et janvier, celle des hautes eaux, aux mois de mai, juin, juillet et août.

La pente générale moyenne du fleuve est de 0 002 par mètre.

Le débit pour l'année 1900 se répartit, d'après les graphiques d'observations journalières, de la manière indiquée au tableau ci-après (page 582).

Antérieurement à octobre 1899, il n'existait pas de service d'observations des fluctuations du Rhône entre la frontière Suisse et Pyrimont.

Les données essentielles faisant défaut, les premières études faites dans le but d'utiliser le Haut-Rhône, ont dû être basées sur les données fournies par le service administratif de la ville de Genève. D'après ces données, le débit du Rhône à Bellegarde peut varier de 57 m^3 dans les cas de basses eaux absolument exceptionnelles, à 1 230 m^3 dans les cas de crues absolument exceptionnelles.

Il est établi qu'en années ordinaires le débit minimum de régularisation est de 120 m^3.

Et celui des plus fortes crues de 900 m^3.

Pour établir comment se répartit ce débit dans l'année, on a supposé que les variations du débit du Rhône à Bellegarde, sont proportionnelles à celles du Rhône à Lyon.

Cette hypothèse ne peut être rigoureusement exacte, puisque le Rhône reçoit entre les deux points des affluents considérables, comme l'Ain et le Fier, mais étant donné qu'elles ne s'appliquent qu'à des débits inférieurs à 200 m^3, on peut considérer comme suffisamment approximatives les déductions renfermées dans le tableau ci-après :

Répartition des débits, en supposant que les variations du débit du Rhône à Bellegrade, sont proportionnelles à celles du Rhône à Lyon.

Pendant	5 jours	on aurait pu disposer de	40 m^3 à 100 m^3
—	30	—	100 m^3 à 140 m^3
—	60	—	140 m^3 à 160 m^3
—	60	—	160 m^3 à 200 m^3
—	210	—	200 m^3 et au-dessus.

Tableau donnant la répartition des débits du Rhône par jour pendant l'année 1900.

	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	TOTAUX
Basses eaux exceptionnelles, débit inférieur de 40 à 170 m^3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Basses eaux ordinaires, débit supérieur de 170 à 200 m^3	»	»	15	»	»	»	»	»	2	»	20	21	58
Eaux moyennes, débit supérieur à 200 m^3.	23	18	16	30	31	25	21	16	21	27	10	4	242
Crues ordinaires, débit inférieur à 900 m^3.	8	10	»	»	»	5	9	14	7	4	»	4	61
Crues extraordinaires, débit supérieur à 900 m^3	»	»	»	»	»	»	1	1	»	»	»	2	4
Totaux (jours)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

Jaugeages du Rhone en amont de Bellegarde.

Pour vérifier et compléter ces données, le syndicat des Forces Motrices du Haut-Rhône, a organisé un service journalier d'observations du Rhône, ce service fonctionne régulièrement depuis octobre 1899.

Le même syndicat a fait relever à environ 500 *m* en amont de la perte du Rhône, des sections transversales du fleuve et a fait faire de nombreuses expériences de jaugeages.

Ces diverses opérations étaient d'exécution particulièrement dangereuse et difficile, en raison de la rapidité du courant des eaux du fleuve, et du voisinage de la perte du Rhône.

Pour réaliser une plus grande précision dans les opérations et diminuer le danger qu'il y aurait eu à se servir de bateaux ou de flotteurs, le syndicat n'a pas reculé devant la dépense d'une installation spéciale qui a été appliquée avec succès et que nous nous permettrons de décrire ci-après.

Cette installation est aérienne comme l'indique la *pl. 8*, *fig. 6*.

Elle se compose de deux câbles en fils d'acier de 12 *mm*, tendus parallèlement d'une rive à l'autre du fleuve au moyen de tendeurs ou de palans. Sur chacun de ces câbles roule un chariot de bac à traille, à ces chariots sont accrochés deux palans différentiels d'une force de 500 *kg*.

Les deux palans soutiennent une plate-forme de 2 *m* × 1 *m*, construite en planches de 0,04 *m* d'épaisseur, qui peut ainsi être levée ou abaissée suivant le besoin des opérations à effectuer. Pour permettre de déplacer la plate-forme d'une rive à l'autre, elle est reliée aux deux berges par des maillettes.

L'opérateur muni d'une sonde en acier de 12 *m*, sectionnée en trois longueurs ajustables se tient sur la plate-forme, il a devant lui un fil de fer gradué, tendu suivant la direction exacte du profil à relever.

Un tube de fer de 3 *m* de longueur, placé verticalement, et solidement fixé au plancher, sert de guide à la tige de sonde et l'empêche de fléchir ou d'être entraînée par la force du courant.

Au moyen de l'installation que nous venons de décrire, il a été relevé trois sections transversales du fleuve. Chacune de ces trois sections est constituée par une série de points de sondages relevés et espacés de deux en deux mètres.

La même installation a été utilisée pour la mesure des vitesses.

Pour cette dernière opération on s'est servi de flotteurs lestés de manière à rester un peu en dessous de la surface liquide. Ces flotteurs étaient reliés par une ficelle de 0.30 m de longueur à un niveau de 0.20 / 0.25 / 0.01 m qui flottait à la surface.

Les flotteurs ont été lancés de la rive droite à la rive gauche, à des distances régulièrement espacées, de façon à obtenir le plus exactement possible la vitesse moyenne à la surface.

Il a été ensuite procédé à la détermination du coefficient :

$M = \frac{U}{V}$, V étant la vitesse à la surface, et U la vitesse d'un flotteur de surface relié à un corps lourd par un fil de longueur proportionnelle à la profondeur d'eau constatée.

Cette expérience plusieurs fois répétée a démontré que le coefficient M était sensiblement égal à 0.90 m.

Tableau donnant le résultat des jaugeages exécutés à 500 m en amont de la perte du Rhône.

Nos des profils	SURFACES respectives	SURFACE moyenne	DISTANCE entre les profils extrêmes	DURÉE DU PARCOURS DES FLOTTEURS respective	DURÉE DU PARCOURS DES FLOTTEURS moyenne	VITESSE moyenne du flotteur	[illegible] = 0 90 m,m 0 83 × 0 90
1 2 3	254,37 m^2 215,92 m^2 224,91 m^2	231,73 m^2	120,90 m	3'18" 3'24" 2'15" 2'17" 2'20" 2'18" 2'30" 2'37" 2'35" 2'00" 2'04" 2'02" 2'14" 2'06" 1'59" 2'15" 2'55"	1'45"	0,83	173,10 m^3

Ces opérations ont été faites pendant la saison d'hiver, et le niveau observé au moment où elles ont été effectuées est celui des basses eaux ordinaires.

Les résultats des jaugeages effectués sont concluants ; ils démontrent que les données déduites des observations fournies par le service administratif de la ville de Genève sont trop faibles, et que le débit du Rhône en amont de Bellegarde est, en basses eaux, de 173,10 m^3 à la seconde.

Cet excédent de débit constaté par les opérations de jaugeages effectuées s'explique ; il est dû aux nombreux ruisseaux qui déversent leurs eaux dans le Rhône entre l'usine de Chèvres et Bellegarde. Ces petits affluents qui, considérés isolément paraissent négligeables, réunis finissent cependant par fournir un volume d'eau considérable.

Disons également qu'il existe incontestablement des sources abondantes qui débouchent directement dans le lit même du fleuve, et dont l'existence est révélée partiellement au moment des basses eaux exceptionnelles.

Ci-après, nous donnons un tableau comparatif indiquant la répartition des débits du Rhône à Bellegarde, suivant les observations faites depuis 1899 et suivant l'hypothèse basée sur la proportionnalité des débits du Rhône à Lyon et à Genève.

	NOMBRE DE JOURS CORRESPONDANT AUX DÉBITS DE			TOTAUX
	40 à 170 m^3	170 à 200 m^3	200 m^3 et au-dess.	
1° Suivant l'hypothèse de la proportionnalité des débits du Rhône à Lyon et à Genève . .	95	60	210	365
2° Suivant les observations faites pendant l'année 1900	0	58	307	365

Conditions que doit remplir un barrage sur le Rhône.

Ces données essentielles étant établies, nous allons examiner les conditions principales d'établissement d'un barrage sur le Rhône.

L'établissement d'un barrage sur le Rhône doit :

1° Maintenir le niveau de l'eau à l'amont à peu près constant, de manière à avoir, en basses eaux, la chute la plus grande possible ;

2° Donner libre écoulement aux eaux des plus fortes crues, aux corps flottants et aux graviers, sans que la vitesse, en tenant compte des matières solides roulées, devienne dangereuse pour les ouvrages ;

3° Son seuil doit être notablement en contre-bas du seuil de la prise d'eau, de manière à éviter l'ensablement à l'entrée du canal d'amenée des eaux.

L'expérience prouve qu'une vitesse supérieure à 4 *m*, en moyenne, amène la destruction rapide des ouvrages dans une rivière qui charrie des galets et même de gros blocs.

Pour répondre à ces conditions spéciales, le barrage doit être muni de vannes qui puissent s'élever au-dessus du niveau maximum de la retenue, de manière à augmenter la section offerte à l'écoulement des eaux proportionnellement au débit, et à laisser passer les corps flottants.

Le seuil de l'ouvrage étant maintenu au niveau du fond moyen du lit, on peut, sans dépasser la vitesse dangereuse, relever le niveau des eaux à 4 *m* au-dessus des hautes eaux ; mais, pour dépasser cette limite, on est conduit à relever le seuil de l'ouvrage et à briser la chute par des bassins-étages à l'aval. Pour une surélévation de 4 *m*, le bassin aval devrait avoir au moins 8 *m* de longueur. Dans ces conditions, la dépense de l'ouvrage deviendrait excessive, étant donné que ces bassins doivent être construits en plein lit du fleuve et qu'une dérivation provisoire est nécessaire.

Ce ne sont que les ouvrages à seuils au niveau du fond que nous envisagerons, les seuls construits actuellement sur le Rhône ou sur des fleuves à régime équivalent.

Dans la partie du Rhône qui nous occupe, un barrage de cette nature (la différence de niveau entre les basses eaux ordinaires et les hautes eaux étant de 5 *m*) permettra d'obtenir une chute en basses eaux de $5 + 4 = 9\,m$. La diminution de chute en hautes eaux sera compensée par l'augmentation de débit.

Ces conditions sont celles de l'usine suisse de Chèvres, où la chute dite d'hiver, c'est-à-dire qui correspond à la période des basses eaux, est portée à 8,50 *m*, alors que la chute d'été n'est que de 4,30 *m*.

Ces variations de chute ont conduit à adopter, pour l'usine de Chèvres, un dispositif spécial de turbines, dit turbine double, qui n'est en réalité qu'un moteur hydraulique qui comprend deux turbines, calées sur le même arbre. La turbine supérieure est appelée turbine d'hiver, et la turbine inférieure turbine d'été.

Le débit en basses eaux moyennes, c'est-à-dire pendant 325 jours par an, étant de 200 m^3, la puissance brute créée sera ainsi, pendant 325 jours au minimum, de $\frac{200\, m^3 \times 9\,000}{75} = 24\,000$ HP.

Nous allons établir, à l'aide du projet de barrage étudié *(fig. 7 et 8, Pl. 8)*, quel serait le prix de revient de cet ouvrage. Nous tenons ici à bien faire ressortir que ces estimations sont rigoureusement déduites de travaux antérieurement exécutés, en tenant compte en même temps des conditions locales et des difficultés spéciales d'exécution; ces estimations sont non seulement exemptes d'aléas, mais sont plutôt susceptibles d'un rabais supérieur à 15 0/0 (Voir tableau page 588).

La construction d'un barrage de retenue, avec dispositions analogues à celles adoptés à Chèvres, coûterait donc, en y comprenant la construction d'un barrage de prise.

Soit, par mètre de chute : $\frac{1\,881\,000}{9} = 209\,000\, f.$

Et par cheval brut : $\frac{1\,881\,000}{24\,000} = 78\, f.$

Canal latéral en tunnel pouvant débiter 200 m^3.

La configuration géographique des lieux ne permettant pas de construire de canaux à ciel ouvert, l'examen de cette deuxième solution conduit donc d'abord à rechercher quelle est la forme et la section à donner à un canal d'amenée en tunnel.

D'après les observations et les jaugeages effectués sur le Rhône, le débit de 200 m^3 est celui qui permet d'utiliser la chute pendant une période minimum de 325 jours, sans de trop grands écarts entre la puissance maximum et minimum, en admettant la retenue maintenue à une cote fixe.

D'après ces considérations, un tunnel doit pouvoir débiter, avec une vitesse de 3 m à la seconde, un volume de 200 m^3.

Détail estimatif d'un barrage sur le Rhône en amont de Bellegarde à environ 500 mètres du pont de Lucey.

INDICATION DES OUVRAGES		QUANTITÉS TOTALES	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSE PAR ARTICLE	DÉPENSE PAR OUVRAGE
			f	f	f
1° TERRASSEMENTS.					
Déblais à l'air comprimé. .	m^3	14 540,00	compris dans la plus-value		
Déblais à l'air libre	m^3	71 420,00	3,00	214 260	
Plus-value pour déblais par épuisements	m^3	7 000,00	20,00	140 000	
Empierrement des chemins d'accès.	m^3	375,00	3,00	1 125	
					355 385
2° MAÇONNERIES.					
Béton de chaux à 150 *kg*. .	m^3	10 710,00	13,80	147 798	
Maçonneries ordinaires . .	m^3	10 360,00	19,55	202 538	
Plus-value pour maçonneries à l'air comprimé . .	m^3	12 953,00	75,00	971 475	
Parements de maçonneries ordinaires	m^2	4 270,00	8,30	35 441	
Rejointoiement	m^2	4 270,00	1,50	6 405	
Dalles en sidéro-ciment de 0,08 *m* d'épaisseur . . .	m^2	885,00	10,00	8 850	
Revêtement en fonte des piles.	*t*	220,00	500,00	110 000	
Enrochements aux abords de l'ouvrage, avec moellons provenant des déblais . .	m^3	1 000,00	5,00	5 000	
					1 487 507
BARRAGE DE PRISE.					
Maçonnerie ordinaire . . .	m^3	1 120,00	19,55	21 896	
Parements vus de maçonneries ordinaires	m^2	1 780,00	8,30	14 774	
Rejointoiements.	m^2	1 780,00	1,50	2 670	
					39 340
DÉPENSE TOTALE pour construction d'un barrage de retenue et barrage de prise					1 881 000

La section sera, par suite, de $\frac{200}{3} = 67{,}33\,m^2$, qui correspond à un cercle de $9{,}20\,m$ de diamètre.

Le cercle est la section la plus économique, mais l'adoption de la forme circulaire créerait des sujétions d'exécution onéreuses, et elle conduirait à placer le seuil bien en contre-bas des basses eaux à l'origine, ce qui nécessiterait au moment de la construction des épuisements dont on ne peut *à priori* évaluer l'importance.

La section du tunnel doit donc se rapprocher de la forme circulaire aplatie, de manière que le seuil soit en contre-haut des basses eaux, et que la clef soit en contre-bas du niveau de la retenue. Sa forme dépend, par suite, du niveau de la retenue et de l'emplacement de l'origine du tunnel.

Le profil *(fig. 9 à 15, Pl. 8)* donne pour la section : $\omega = 67\,m^2$.

Périmètre mouillé $X = 28{,}40$.

$$\omega = R - \frac{67{,}00}{28{,}40} = 2{,}30.$$

$$U = \frac{87\sqrt{RI}}{1 + \frac{0{,}46}{\sqrt{R}}}.$$

Pour une vitesse de $3\,m$: $I = 0{,}0008737$, soit $I = 0{,}0009$.

Pour une vitesse de $2{,}50\,m$: $I = 0{,}00055955$, soit $I = 0{,}00056$.

Et pour une vitesse de $1\,m$: $I = 0{,}0000978$, soit $I = 0{,}0001$.

Le profil en long du tunnel que nous allons considérer aura une pente de 0,0009.

Nous donnons dans le tableau ci-après le devis estimatif de ce tunnel. Ce devis a été établi suivant projet détaillé et étudié pour le projet de la boucle, projet dont nous parlerons plus loin,

Nous donnons *(fig. 9 à 15, Pl. 8)* le profil en long et les sections transversales de cet ouvrage.

La dépense totale pour construire un tunnel de 1 370 *m* de longueur pouvant débiter $200\,m^3$ à la seconde, avec pente de 0,0009, serait donc en y comprenant le bassin de prise et le bassin de distribution, en chiffre ronds de 2 400 000 *f*.

Soit par mètre courant :

$$\frac{240\,000}{1\,370} - 1\,750\,f$$

Détail estimatif d'un tunnel de 1370 mètres, y compris bassin de prise et bassin de distribution.

INDICATION DES OUVRAGES		QUANTITÉS TOTALES	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSE PAR ARTICLE	DÉPENSE PAR OUVRAGE	DÉPENSE par MÈTRE COURANT	OBSERVATIONS
1° Bassin de prise a l'entrée du tunnel.			f	f		f	
Béton de chaux	m³	5 540,00	13,80	76 452			
Maçonnerie de moellons	m³	3 525,00	19,55	68 914			
Parements vus de maçonneries	m²	940,00	8,30	7 802			
Rejointoiement	m²	940,00	1,50	1 410			
Remplissage avec pierres sèches provenant des déblais.	m³	4 200,00	3,00	12 600			
Enduits au ciment lent	m²	1 520,00	3,50	5 320	172 498	126,00	$\frac{172\,498}{1\,370} = 126,00$
2° Dérivation souterraine.							
Déblais ordinaires.	m³	125 630,00	14,00	1 321 930			
Déblais rocheux.	m³						
Maçonnerie de moellons.	m³	26 400,00	19,55	516 120			
Plus-value pour maçonnerie en souterrain.	m³	26 400,00	7,50	198 000	2 096 050	1 530,00	$\frac{2\,096\,050}{1\,370} = 1\,530$
3° Bassin de distribution a l'aval.							
Déblais rocheux.	m³	8 130,00	3,00	24 390			
Béton de chaux à 150 *kg*.	m³	1 460,00	13,80	20 148			
Béton maigre à 50 *kg*	m³	1 730,00	10,35	17 906			
Maçonnerie ordinaire	m³	2 500,00	19,55	48 875			
Parements vus de maçonnerie ordinaire.	m²	2 040,00	8,30	16 932			
Rejointements	m²	2 040,00	1,50	3 060			
Enduit de 0,02	m³	4 828,00	3,50	1 689	143 000	93,00	$\frac{143\,000}{1\,370} = 93,00$
Dépense totale pour dérivation souterraine y compris bassin de prise et bassin de distribution.					2 404 548		

Nous allons nous servir des évaluations de dépenses que nous venons de fixer, tant pour un barrage que pour un tunnel, et rechercher quelles sont dans les différents cas, les meilleures solutions à appliquer pour obtenir l'utilisation la plus rationnelle.

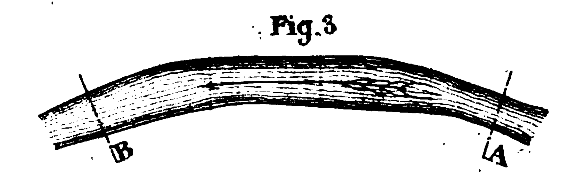


Fig. 3

On peu utiliser la chute disponible entre deux points A et B d'une rivière de trois manières *(fig. 3)*.

1er Cas. — En relevant en B le niveau de l'eau de toute la hauteur disponible entre A et B par un barrage avec usine génératrice latérale.

2e Cas. — En faisant une prise en A au niveau de l'eau, et en conduisant un volume déterminé par un canal ou un tunnel à pente faible en B où se trouve l'usine.

3e Cas. — En combinant les deux premiers.

La solution la plus économique est une question d'espèce qui dépend du régime de la rivière et de sa configuration géographique.

Les données en ce qui concerne le Rhône, entre la frontière Suisse et Pyrimont, ont été fixées avec une exactitude suffisante pour permettre d'établir sur des bases rationnelles la solution qui permettra d'utiliser dans les conditions les plus économiques les chutes disponibles.

Le parcours du Rhône, entre le point où il franchit la frontière Suisse et le bac de Pyrimont, point où il commence à devenir navigable, a une longueur totale d'environ 27 *km*, sa pente moyenne est d'environ 0,0020 par mètre, sauf à la perte du Rhône et au défilé de Malperthuis, où existent des dénivellations brusques et importantes du lit.

La hauteur totale de chute disponible entre les deux points extrêmes de la partie considérée est de :

$$330\ m - 259{,}50\ m = 70{,}50\ m.$$

Nous donnons ci-après un tableau qui résume le régime du fleuve en eaux moyennes.

Tableau indiquant le régime des eaux moyennes, entre la frontière suisse et Pyrimont.

NOMS DES LIEUX	POINTS kilométriques	COTES DES BASSES EAUX moyennes	DISTANCE entre les différents POINTS	CHUTES entre les différents POINTS	PENTE PAR MÈTRE
	km		*km*	*m*	*m*
Frontière suisse . . .	0,00	334,50	2,900	6,50	0,0022
Moulin Brunet. . . .	2,900	328,00	1,420	3,00	0,0021
Pont Carnot.	4,320	325,00	1,280	2,50	0,0019
Viaduc de Longeray. .	5,600	322,50	6,200	14,00	0,0022
Pont de Grésin. . . .	11,800	308,50	2,750	5,50	0,0020
Les Andelières. . . .	14,550	303,00	0,250	0,50	0,0020
Bassin de la Société Française	14,800	302,50	0,550	14,00	0,0254
Usine de la Société Française.	15,350	288,50	2,050	5,00	0,0024
Passerelle d'Arlod . .	17,400	283,50	3,200	6,00	0,0018
Pas de Malperthuis. .	20,600	277,50	1,900	12,00	0,0063
Montoux	22,500	265,50	4,500	6,00	0,0012
Bac de Pyrimont. . .	27,00	259,50			
TOTAUX.			27,00	75,00	

COMPARAISON DES DEUX PREMIERS CAS.

Nous avons vu dans nos données relatives aux conditions d'établissement d'un barrage rationnel sur le Rhône, que l'on pouvait sans dépasser la vitesse dangereuse, relever le niveau des eaux de 4 *m* au-dessus des plus hautes eaux, et obtenir ainsi en eaux moyennes une chute de 9 *m*.

Si maintenant nous comparons l'utilisation dans les deux premiers cas :

1° Avec barrage relevant le niveau de l'eau de toute la hauteur disponible entre les deux points considérés ;

2° Avec prise au niveau de l'eau et dérivation par un canal d'amenée en tunnel.

Les estimations que nous venons de donner, montrent que pour que la dépense soit égale dans les deux premiers cas, il faudrait qu'entre l'origine et l'extrémité du canal on disposât en basses eaux ordinaires d'une chute de 9 *m* ; sur une longueur de 1 077 *m*.

Coût d'un barrage donnant 9 *m* de hauteur de chute . . . . 1 881 000 *fr.*
Coût d'un mètre courant de tunnel . . . . 1 750 *fr.*

$$1\,750 \times x = 1\,881\,000$$

$$x = \frac{1\,881\,000}{1\,750} = 1\,077\ m.$$

Si le canal est parallèle au lit du fleuve, la pente du fleuve pour que le canal soit économique, doit être au minimum de :

$$\frac{9}{1\,077} = 0{,}0083.$$

Utilisation au moyen de chutes successives.

Nous n'envisagerons ici que l'hypothèse de l'utilisation du parcours du Rhône considéré au moyen d'une division de la hauteur de chute totale disponible, pour en déduire le rendement maximum, déduction qui nous servira de base pour l'examen des projets actuellement soumis aux enquêtes et nous permettra de rechercher quelle serait la solution la plus avantageuse en l'état actuel.

Partant des données que nous venons d'établir, et en admettant que le terrain soit absolument libre, c'est-à-dire en faisant abstraction de toutes installations existantes et de tous droits des riverains, nous allons rechercher les solutions les plus économiques qui permettent d'utiliser le plus rationnellement et le plus complètement le Rhône entre la frontière Suisse et Pyrimont.

Sur presque tout le parcours considéré, la pente du fleuve est inférieure à 0,010 par mètre, sauf à la boucle.

Dans cette partie de la Boucle on peut, en effet, à l'aide d'un tunnel de 1 370 *m* utiliser en eaux moyennes une chute de :

$$303{,}70 - 283{,}40 = 20{,}30\ m$$

La perte de charge 1,30

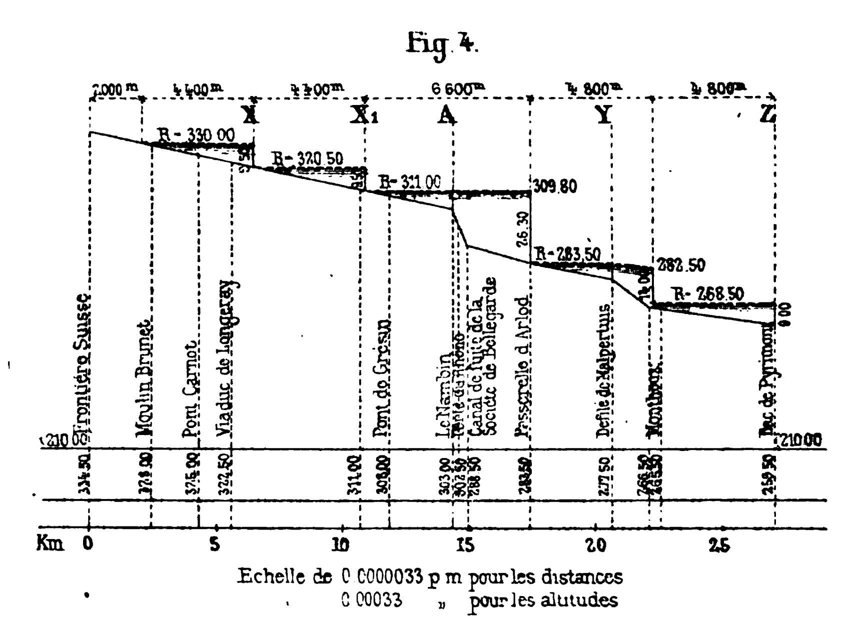
19,00 *m* avec un débit de 200 m^3, ce qui correspond à une pente de $\frac{19}{1\,370} = 0{,}0138\ m.$

Il faut aussi faire exception pour le défilé de Malperthuis, où la configuration étranglée du lit rendrait difficile et onéreux

l'aménagement d'un barrage avec usine latérale. En dehors de ces deux points, l'utilisation la plus rationnelle consisterait dans la création de barrages avec usines latérales.

Jusqu'à 2,500 *km* en aval de la frontière suisse il ne peut pas être établi de barrage ni de modification dans le régime ordinaire des eaux du fleuve, qui dans cette partie est étal ou n'a que des berges de très faible hauteur ; une retenue un peu importante submergerait de grandes étendues de terrains. En tenant compte des diverses considérations que nous venons d'exposer, le programme complet d'utilisation comprendrait (Voir profil, *fig. 4*).

Fig. 4.



En X du profil ci-après la construction a environ **6 400** *m* de la frontière d'un barrage avec usine latérale dont le remou s'étendrait en eaux moyennes jusqu'à environ **2 000** *m* de la frontière, et qui créérait en basses eaux ordinaires une chute de :

330 — 320,50 = 9,50 *m* avec un débit de 200 m^3 par seconde pendant une période de 7 500 heures par an.

On aurait une puissance brute de :

$$\frac{9{,}50 \times 200\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 25\,300 \text{ HP}$$

A reporter . . . . . . **25 300 HP**

Report . . . . 25 300 HP

En X_1. — A environ 4 400 *m* en aval de X la construction d'un barrage avec usine latérale dont le remou s'étendrait jusqu'au niveau du canal de fuite de X et qui créerait en basses eaux ordinaires une chute de :

$$320{,}50 - 311 = 9{,}50\ m.$$

avec un débit de 200 m^3 par seconde pendant une période de 7 500 heures par an, on aurait une puissance brute disponible de :

$$\frac{9{,}50 \times 200\,000}{75} = \dots\dots\dots \quad 25\,300$$

En A. — A environ 550 *m* en amont du Pont de Lucey, la construction d'un barrage de la boucle dont le remou s'étendrait jusqu'au niveau des basses eaux ordinaires du canal de fuite de X_1.

Construction d'un tunnel de 1 370 *m* de longueur, et usine génératrice aux Essertoux, donnant en basses eaux ordinaires une chute de :

$$309{,}80 - 283{,}50 = 26{,}30\ m$$

avec un débit de 200 m^3 par seconde pendant une période de 7 500 heures par an.

On aurait une puissance brute disponible de :

$$\frac{26{,}30 \times 200\,000}{75} = \dots\dots\dots \quad 70\,100$$

En Y. — A environ 3 200 *m* en aval du canal de fuite de A, la construction d'un barrage dont le remou s'étendrait jusqu'au niveau des basses eaux ordinaires du canal de fuite de A. En raison de la configuration des lieux qui rendrait très onéreuse et très difficultueuse la construction d'un barrage dans la partie déclive et très encaissée du défilé de Malperthuis), la construction d'un tunnel de 1 300 *m* de longueur environ, et usine génératrice à environ 600 *m* en amont du village de Génissiat.

La chute obtenue en basses eaux ordinaires serait de :

$$282{,}50 - 268{,}50 = 14\ m$$

A reporter. . . . . . . 120 700 HP

Report . . . . 120 700 HP

avec un débit de 200 m^3 par seconde pendant 7 500 heures par an, on aurait une puissance brute de :

$$\frac{14 \times 200000}{75} = \dots\dots\dots\dots \quad 37\,300$$

En Z. — A Pyrimont soit à environ 4 800 *m* en aval du canal de fuite de Y, construction d'un barrage avec usine latérale dont la retenue s'élèverait jusqu'au niveau du canal de fuite de Y, donnerait une chute de :

$$268{,}50 - 259{,}50 = 9\ m.$$

Et avec un débit de 200 m^3 à la seconde pendant une période de 7 500 heures par an, donnerait une puissance brute de :

$$\frac{9{,}00 \times 200000}{75} = \dots\dots\dots\dots \quad 24\,000$$

Soit pour l'ensemble des chutes créées une puissance brute disponible de . . . . 182 000 *ch.*

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES PROJETS SOUMIS A L'ENQUÊTE

Le programme théorique que nous venons d'exposer pour l'utilisation rationnelle de la pente du Rhône, entre la frontière suisse et Pyrimont n'est plus réalisable tel quel, car nous nous trouvons d'une part en présence d'une usine déjà existante (celle de Bellegarde déjà concessionnaire de 60 m^3 d'eau et qui sollicite maintenant la concession totale du débit du fleuve), et d'autre part, du moins tout récemment encore, des trois projets : de Grésin, de la Boucle et de Malperthuis que nous allons étudier, et qui sont appuyés de droits acquits au point de vue de la propriété des terrains.

Nous examinerons d'abord la demande de concession totale du débit du Rhône présentée par la Société de Bellegarde.

En 1871, par un décret du pouvoir exécutif, une concession de 60 m^3 d'eau fut accordée à une Société anglaise devenue la

« The Rhône Land », et qui a été remplacée en 1899 par la Société Française des Forces Hydrauliques de Bellegarde.

Cette Société construisit une usine hydraulique au confluent de la Valserine et du Rhône avec une prise d'eau aménagée en amont de la perte du Rhône. Le canal d'amenée de l'usine est constitué par un tunnel d'environ 500 *m* de longueur.

La Société de Bellegarde qui, sous l'ancienne Direction s'était adonnée surtout à la réalisation des terrains considérables qu'elle avait acquis dès l'origine dans la région, vient depuis deux ans et demi d'augmenter son outillage industriel par l'adjonction de turbines nouvelles, elle dispose actuellement en eaux moyennes d'un volume d'eau de 60 m^3, et d'une chute de 13 *m*, soit d'une puissance brute de :

$$\frac{13{,}00 \times 60\,000}{75} = 10\,400 \ ch.$$

Sur cette force elle n'utilise actuellement en réalité que 4 000 *ch*.

A notre avis l'installation actuelle de la Société de Bellegarde se trouve placée dans des conditions peu favorables au point de vue de l'agrandissement futur que nécessiterait l'obtention de la concession du débit total du Rhône qu'elle a sollicitée assez récemment.

En effet l'emplacement sur lequel est édifiée l'usine à l'embouchure de la Valserine, est constitué par une étroite bande de rochers qui sépare le lit de la Valserine de celui du Rhône, et va se terminer en pointe au confluent de ces deux cours d'eau. Du côté de la terre, l'emplacement occupé par l'usine est limité par une falaise à pic de 27 *m* de hauteur. Le bassin de distribution est placé sur le côté nord de l'usine, il emprunte en partie le lit de la Valserine.

L'usine de même que son bassin de distribution ne sont pas à l'abri des fortes crues qui obligent parfois à des arrêts momentanés des turbines; il est vrai que ces arrêts n'ont jusqu'à présent jamais été de longue durée, mais une crue exceptionnellement forte peut à un moment donné devenir menaçante pour l'existence des ouvrages.

Disons également que les bâtiments sont installés à 500 *m* de la perte du Rhône, qu'ils sont édifiés sur la rive droite, dans la partie convexe de la courbe, c'est-à-dire où les affouillements des berges ne peuvent que s'aggraver.

Les conditions d'établissement du canal d'amenée sont défectueuses, le tunnel est placé également sur la rive droite, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables pour l'économie de longueur.

Des motifs que nous venons d'exposer il résulte que pour utiliser le débit total du Rhône auquel elle prétend aujourd'hui, la Société de Bellegarde devrait :

1° Construire le barrage amont en X_2 avec retenue à la cote 310, et bassin de prise.

2° Construire un petit barrage immédiatement en amont de la perte, de manière à réaliser une captation bien complète des eaux du Rhône à l'époque des basses eaux extraordinaires.

3° Construire un tunnel de 650 *m* de longueur environ avec prise d'eau en amont du barrage en X_2.

4° Construire une nouvelle usine.

En supposant que l'emplacement de l'usine existante, le seul dont elle dispose actuellement soit suffisant pour y aménager une nouvelle usine hydraulique de 50 000 *ch*, la dépense, pour l'ensemble des travaux que nous venons d'énumérer, serait encore considérable et supérieure à celle qui résulterait de la réalisation du projet de la Boucle. Aussi la Société de Bellegarde a-t-elle cherché plus pratiquement à s'assurer une extension considérable par une entente avec les promoteurs du projet de Malperthuis.

Nous passons donc à l'examen des trois autres projets.

Examen des trois projets faisant l'objet de demandes en concessions.

1° Projet de Grésin ;
2° Projet de la Boucle ;
3° Projet de Malperthuis.

Bien que cette étude ne comporte pas l'examen critique des divers projets actuellement soumis aux enquêtes, nous pensons qu'il est intéressant de les examiner sommairement et de rechercher dans quelles conditions ils réalisent l'utilisation du débit et de la pente du Rhône sur le parcours qui fait l'objet de cette étude.

Pour pouvoir tirer de cet examen les déductions comparatives qu'il comporte, nous considérerons les deux hypothèses suivantes :

1° Calcul de la puissance brute d'après les débits indiqués par chacun des demandeurs en concessions.

2° Calcul de la puissance brute en supposant le débit de 200 m^3 débit minimum du fleuve en basses eaux ordinaires correspondant à une période de 7 500 heures par an. Ce débit est celui que nous avons déjà adopté dans le règlement d'eau que nous avons indiqué dans la première partie de ce mémoire.

Projet du pont de Grésin.

Le projet dit du pont de Grésin est dû à MM. Buffaut et A. Tavian, Ingénieurs des Arts et Manufactures à Lyon et à M. Bonnefond, Ingénieur à Bellegarde (Ain).

Il comporte la construction d'un barrage projeté un peu en amont du pont de Grésin, dans la partie rétrécie du Rhône, à environ 11 *km* en aval de la frontière suisse.

Le niveau de la retenue étant fixé par les promoteurs du projet à la cote 327, et celui des basses eaux ordinaires à la cote 307 le barrage devra résister à une pression de 20 *m*.

L'amplitude du remou s'étendra en eaux moyennes jusqu'au Moulin Brunet à environ 3 *km* en aval de la frontière suisse.

Le canal d'amenée, de faible longueur, est prévu à ciel ouvert avec usine latérale sur la rive gauche du fleuve.

En raison du remou produit par la cote de retenue du barrage du projet de la Boucle, retenue fixée à 310, la chute totale disponible sera de :

$$327 - 310 = 17\ m.$$

et la puissance brute en basses eaux ordinaires avec le débit de 150 m^3 à laseconde, débit correspondant à la période des plus basses eaux d'hiver, sera de :

$$\frac{17 \times 150\,000}{75} = 34\,000\ ch.$$

Pour que l'utilisation fût complète, le débit prévu devrait être de 200 m^3 au minimum, volume dont on peut disposer pendant une période de 312 jours par an.

Projet de la Boucle du Rhone.

Le projet de la Boucle du Rhône est celui que nous avons pris comme base de nos calculs et de nos estimations de barrages et

de tunnels, aussi nous étendrons-nous plus longuement sur ses données et sur son économie.

Ce projet a pour auteurs, MM. Ourbak, administrateur-délégué des mines de Saint-Hilaire (Allier), et Bonnefond, ancien Directeur de la Société des Phosphates de la Valserine et du Rhône.

L'étude du projet a été confiée à M. A. Gotteland, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et à M. Garcia.

Il comporte les dispositions suivantes :

Construction d'un barrage sur le Rhône avec retenue à la cote 310. — Le barrage projeté à 500 *m* en amont du pont de Lucey, est constitué par cinq travées de 9 *m* de largeur donnant une section libre totale de 45 *m* de largeur.

Les piles ont 3 *m* de largeur et 20 *m* de longueur, et sont fondées ainsi que le radier sur le rocher Urgonien.

Les vannes du système Stoney à contre-poids, s'appliquent sur deux chapelets de rouleaux cylindriques, elles sont rasées à la cote 310, et peuvent s'élever à 1 *m* au-dessus des plus hautes eaux à l'aval.

Construction d'un bassin de prise. — Le bassin de prise est fermé par 5 vannes de 4 *m* de largeur et 7 *m* de hauteur, qui règlent le débit à fournir aux usines, et permettent d'isoler le bassin du Rhône.

Sur le côté droit du bassin est prévue l'usine qui doit utiliser en basses eaux les 60 m^3 que l'on doit laisser à la Société de Bellegarde.

Trois petits tunnels de 6 *m* de hauteur et dont le seuil est à la cote 302,70 conduisant les eaux du bassin au tunnel principal.

Tunnel. — La coupe transversale du tunnel présente une section de 67 m^2, son seuil à l'origine est à la cote 301 et son intrados à la cote 308,70. La pente est de 0,0009 par mètre sur 1 370 *m*. Il aboutit à l'usine des Essertoux à 68 *m* environ de la rive gauche du Rhône.

Les eaux sont conduites dans le bassin de distribution par quatre tunnels de 6 *m* de hauteur, dont le seuil se trouve à la cote 301,50.

Usine. — L'usine placée au-dessous du village des Essertoux, affecte en plan la forme circulaire afin d'utiliser complètement l'espace restreint mais bien approprié dont on dispose.

Les eaux arrivent aux turbines par des tuyaux verticaux creu-

sés dans le rocher et fermés à la partie supérieure par des vannes cylindriques.

Chaque alternateur de la force de 5000 *ch* est actionné par deux turbines montées sur le même arbre.

La turbine inférieure évacue les eaux par le bas et la turbine supérieure par le haut. Les efforts sont ainsi équilibrés.

Les conduites d'évacuation des eaux débouchent latéralement dans des canaux de fuite de largeur variant de 4 à 10 *m* qui peuvent être creusés à l'air libre dans le rocher et amèneront les eaux en aval de la passerelle d'Arlod, c'est-à-dire en aval de la partie étranglée du lit du Rhône.

On a prévu 10 unités dont deux de réserve; chaque double turbine débitera en pleine charge 25 m^3, par suite, la vitesse maxima dans le tuyau d'amenée ne dépassera pas 2,50 *m* et dans le canal de fuite 1,40 *m*.

La puissance brute disponible en basses eaux moyennes sera:

1° Pour l'usine amont destinée à utiliser les 60 m^3 laissés à la Société de Bellegarde:

$$\frac{7,50 \times 60\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 6\,000\ ch$$

2° Pour l'usine aval avec un débit de 200 m^3 — 60 m^3 = 140 m^3, et une hauteur de chute de 25,30 *m*:

$$\frac{25,30 \times 140\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 45\,100$$

Total. . . . . 51 100 *ch*

PROJET DE MALPERTHUIS.

Le projet de Malperthuis n'est pas nouveau, il avait déjà fait l'objet d'une demande en concession il y a déjà une dizaine d'années.

Il a été repris par M. Billet de Lyon, puis par un groupe d'industriels de la région lyonnaise à la tête duquel se trouve M. Planche, et a été modifié comme conséquence d'une entente avec la Société de Bellegarde.

Le projet, dans son état actuel, comporte la construction à l'entrée du défilé de Malperthuis d'un barrage avec retenue à la cote 287,50, la construction d'un tunnel d'environ 1 400 *m* de longueur, et la construction d'une usine génératrice au lieu dit Monthoux.

La cote de la retenue fixée à 287,50 submergerait les terrains de l'emplacement de l'usine du projet de la Boucle et relèverait la cote du canal de fuite de ce projet.

Cette cote de retenue est susceptible d'être abaissée à une cote moyenne qui est 283,50.

Dans ces conditions, la puissance brute disponible avec le débit de 150 m^3 prévu pour le canal d'amenée serait :

$$(283,50 - 1,00) - 265,50 = 17 \, m.$$

$$\frac{17,00 \times 150\,000}{75} = - 31\,800 \, ch.$$

Comparaison des divers projets.

Les marchés de force motrice consentis par la Société de Bellegarde, et par toutes les Sociétés de forces hydrauliques de la région, sont limités à un minimum garanti de 7 500 heures par an, reproduisant 313 jours de 24 heures. Nous partirons de cette donnée pour déterminer la puissance réalisée par chacun des trois projets ci-dessus.

En y ajoutant les 10 400 *ch* que peut fournir la Société de Bellegarde, nous déterminerons la puissance totale qu'il serait permis de réaliser, comparée avec celle que nous avons indiquée théoriquement à la première partie.

A. — *Puissance brute suivant le programme complet d'utilisation en admettant que le terrain soit complètement libre.*

INDICATION DES OUVRAGES	INDICATION DES USINES ET TUNNELS	ÉLÉMENTS DE CALCULS	FORCE EN CHEVAUX BRUTS
Barrage en **X**	Usine latérale.	$\frac{9,50 \times 200\,000}{75}$	25 300
— **X**$_1$	Usine latérale.	$\frac{9,50 \times 200\,000}{75}$	25 300
— **A**	Tunnel et usine.	$\frac{26,30 \times 200\,000}{75}$	70 100
— **Y**	Tunnel et usine.	$\frac{14,00 \times 200\,000}{75}$	37 300
— **Z**	Usine latérale.	$\frac{9,00 \times 200\,000}{75}$	24 000
	Total.		182 000

B. — *Puissance brute suivant les demandes de concessions actuellement soumises à l'enquête.*

INDICATION DES BARRAGES	INDICATION DES USINES ET TUNNELS	ÉLÉMENTS DE CALCULS	FORCE EN CHEVAUX BRUTS
Projet de Grésin.	Usine latérale.	$\frac{17,00 \times 150\,000}{75}$	34 000
Projet de la Boucle.	Tunnel et usines.	$\frac{25,30 \times 140\,000}{78}$	45 100
		$\frac{7,50 \times 60\,000}{75}$	6 000
Projet de Malperthuis.	Tunnel et usine.	$\frac{17,00 \times 150\,000}{75}$	34 000
Usine existante. .	Tunnel et usine.	»	10 400
	Total.		129 500

Comparaison des deux programmes. — Si à l'aide des tableaux que nous venons de donner ci-dessus, nous comparons la puissance brute que créerait la division de la chute disponible du Haut-Rhône, telle qu'elle est utilisée par les projets que nous venons de décrire et qui sont actuellement soumis aux enquêtes administratives, avec la division théorique que nous avons indiquée, nous sommes obligés de constater que l'adoption par l'état d'un règlement d'eau conforme aux retenues et débits prévus par les projets actuels ne concorderait que bien médiocrement avec l'utilisation théorique beaucoup plus séduisante au point de vue de l'intérêt général.

En effet, la force brute totale qu'il est possible de capter pendant plus de trois cents jours par an est comme nous l'avons démontré de 182 000 *ch* hydrauliques, celle réalisée par les différents projets déposés par les demandeurs en concession n'est que de 129 500 *ch* hydrauliques.

Cette différence provient :

1° De la réduction des canaux d'amenée et usines des projets de Grésin et de Malperthuis, qui n'ont été prévus que pour débiter un volume d'eau de 150 m^3 au lieu de 200 m^3 qu'il est possible d'utiliser pendant une période à peu près constante de 312 jours par an.

2° De la réduction de la chute disponible entre le niveau du canal de fuite de l'usine du projet de Malperthuis et le bac de Pyrimont (point à partir duquel le Rhône devient navigable), qui n'est que de 6 *m*, et se présente dans des conditions économiques inférïeures à celles des autres projets. Son utilisation, plus onéreuse, devient plus difficile à réaliser.

3° De l'inutilisation partielle des 60 m^3 d'eau que le projet de la Boucle doit laisser à la Société de Bellegarde.

Ce volume de 60 m^3 reste en effet inutilisé entre la sortie du canal de fuite de l'usine de Bellegarde et l'extrémité du canal de fuite de l'usine des Essertoux, soit sur un parcours de 2 *km* environ correspondant à une hauteur de chute de 4 *m*.

Cette perte de force qui, en réalité, n'est que de :

$$\frac{60\,000 \times 4}{75} = 3\,200 \; ch,$$

ne pourrait être évitée que si la Société de Bellegarde devenait concessionnaire de la totalité du débit du Rhône.

Or, nous avons expliqué que cette concession ne peut pas lui être accordée ; d'abord en raison des droits acquis antérieurement sur les terrains par le Syndicat des Forces motrices du Haut-Rhône, droits qui font obstacle à toute modification du régime des eaux en amont de la perte, et en deuxième lieu, parce que les installations actuelles de cette Société ne lui permettent pas d'utiliser le débit total du fleuve jusqu'à 200 m^3 et qu'une modification de ces installations entraînerait à des dépenses considérables et supérieures à celle que nécessiterait l'utilisation du même volume d'eau par le projet de la Boucle.

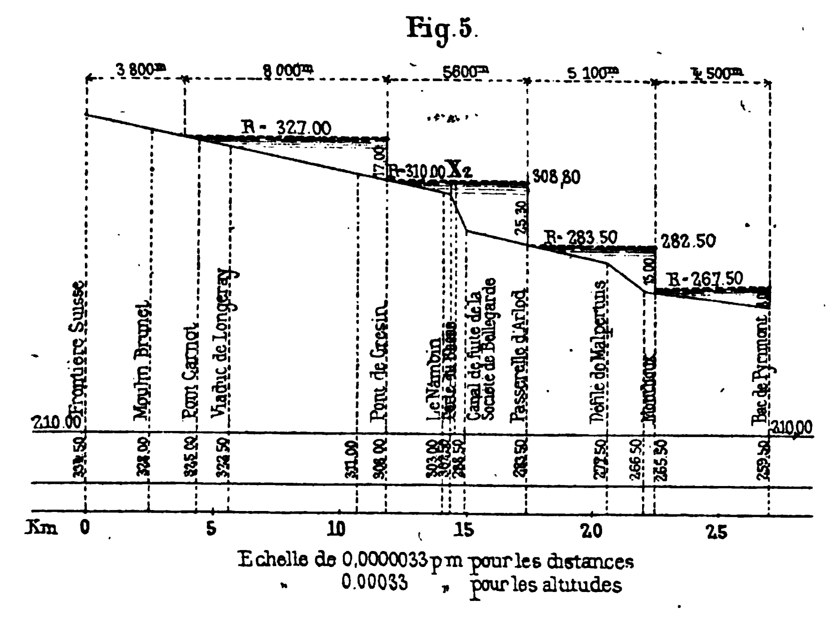
La Société de Bellegarde n'a du reste nullement l'intention d'utiliser complètement le palier disponible entre la perte du Rhône et le canal de fuite du projet de Grésin, nï le débit total du fleuve jusqu'à 200 m^3, puisqu'elle a fixé la cote de retenue du barrage qu'elle demande à construire en amont de la perte à la cote 305 au lieu de 310 qu'exigerait l'utilisation complète du palier supérieur.

Pour les motifs que nous venons d'exposer, la perte de forces résultant du fait de l'existence de l'usine actuelle de Bellegarde ne peut être récupérée ; nous ne parlerons pas du débit de la Valserine, ce débit est en effet en eaux moyennes d'environ 1 500 *l*, et le régime des eaux de la Valserine diffère sensiblement de celui du Rhône.

4° Dans le règlement d'eau que nous nous sommes donné comme base de nos calculs, nous avons supposé la retenue du barrage du projet de Grésin fixé à la cote 330, les auteurs de ce projet l'ont prévue à 327. Nous supposons que les raisons qui ont conduit à adopter cette cote, sont les mêmes que celles qui ont fait laisser sans utilisation le parcours du fleuve entre la frontière et le moulin Brunet. Un service sérieux d'observation permettrait seul de fixer définitivement dans cette partie la cote maximum de retenue possible, sans préjudice apporté aux terrains riverains.

Sous cette réserve nous considérerons la cote 327 fixée comme niveau de la retenue du barrage projeté à Grésin *(fig. 5)*.

Fig. 5.



Echelle de 0,0000033 p m pour les distances
» 0.00033 » pour les altitudes

Partant de ces données imposées par l'état actuel résultant, tant de l'existance de l'usine de la Société de Bellegarde, que des diverses demandes que nous venons d'examiner, l'utilisation la plus rationnelle, celle qui se rapprocherait le plus du programme théorique étudié dans la première partie de ce mémoire, serait celle-ci :

1° Projet de Grésin.

Le projet de Grésin comporterait un barrage en amont de la partie rétrécie du Rhône avec retenue fixée à la cote 327 et débit porté à 200 m^3.

La puissance brute ainsi créée serait égale à :

$$\frac{17,00 \times 200\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 45\,300\ ch$$

2° Projet de la Boucle.

Le projet de la Boucle comporterait un barrage avec retenue à la cote 310, une petite usine latérale destinée à utiliser les 60 m^3 d'eau laissés à la Société de Bellegarde. Un tunnel de 1 370 *m* et une usine génératrice aux Essertoux.

La puissance brute ainsi créée serait égale à :

$$\frac{25,30 \times 140\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 45\,100$$

$$\frac{7,50 \times 60\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 6\,000$$

3° Usine de la Société de Bellegarde.

L'usine de la Société de Bellegarde conserverait les 60 m^3 auxquels elle a droit, soit une puissance de 10 400

4° Projet de Malperthuis.

Le projet de Malperthuis comprendrait la construction d'un barrage avec retenue à la cote 283,50.

Un tunnel d'environ 1 400 *m* pouvant débiter 200 m^3 à la seconde. Une usine en amont du lieu dit Monthoux.

La cote du canal de fuite serait relevée de 265,50 à 267,50 de manière à permettre l'utilisation économique du palier inférieur entre Monthoux et le bac de Pyrimont.

La puissance brute ainsi créée serait égale à :

$$\frac{15,00 \times 200\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 40\,000$$

5° Projet de Pyrimont.

Le projet de Pyrimont comporterait la construction d'un barrage avec usine latérale et débit de 200 m^3 à la seconde.

La puissance brute ainsi créée serait de :

$$\frac{8,00 \times 200\,000}{75} = \ldots\ldots\ldots \quad 21\,300$$

La puissance brute totale créée serait égale à . . . **168 100 ch**

La différence se trouverait réduite à 14000 *ch*. Cette différence pourrait probablement être encore diminuée après une étude et des observations rigoureuses du régime des eaux entre le moulin Brunet et la frontière suisse.

Si l'on n'envisage que la production possible de force, ce programme a sans doute l'avantage d'assurer une utilisation aussi complète que possible du Rhône en l'état actuel, il permet de satisfaire aux demandes de concessions qui sont actuellement en instance, il est également réalisable au point de vue du prix de revieut,mais il apparait pourtant avec évidence que cette réalisation ne saurait être immédiate.

Une force de 168000 *ch* créée dans la même région, à l'aide de quatre usines distinctes mises en œuvre à peu près au même moment trouverait difficilement malgré les progrès réalisés dans les transports de force des débouchés rapides.

La guerre de tarifs que ces usines seraient fatalement amenées à se faire mutuellement ne ferait que précipiter leur ruine.

Ajoutons encore que la création simultanée de quatre affaires similaires concentrées dans la même région, ne serait pas de nature à inspirer confiance aux capitaux.

Devant ces considérations dont il n'est pas nécessaire de faire ressortir davantage l'importance, une seule solution s'impose.

C'est une entente générale ou partielle entre les quatre concurrents.

C'est cette solution que nous allons examiner dans la troisième partie de ce mémoire.

TROISIÈME PARTIE

RECHERCHE DE LA MEILLEURE SOLUTION TECHNIQUE POUVANT SERVIR DE BASE D'ENTENTE

Une entente concilierait tous les intérêts, elle aurait comme résultat immédiat de faciliter la formation de la Société financière appelée à réaliser les projets à l'étude, elle permettrait la mise en œuvre successive de la force disponible au fur et à mesure des besoins de l'industrie.

Recherchons quel serait au point de vue technique la meilleure solution qui pourrait servir de base à une fusion. Le groupement des projets pourrait être, nous le répétons, partiel ou total.

Groupement partiel.

Examinons d'abord le cas d'une fusion partielle des projets actuels.

Le groupement partiel comprendrait tout naturellement le projet de Grésin et celui de la Boucle du Rhône réunis et fondus en un seul au moyen d'un canal d'amenée qui aurait sa prise d'eau en amont du barrage de Grésin, et qui viendrait déboucher au-dessus du village des Essertoux.

Ce canal d'amenée aurait environ 2 700 *m* de longueur dont 2 000 en tunnel et 700 *m* à ciel ouvert.

Ce projet fusionné comporterait la création de deux usines génératrices prévues l'une à l'amont et l'autre à l'aval du canal d'amenée.

L'usine d'amont ou usine du barrage utiliserait en outre des 60 m^3 d'eau laissés à la Société de Bellegarde, les excédents de débit du Rhône au-dessus de 200 m^3.

L'usine génératrice principale placée un peu en amont du village des Essertoux serait aménagée de manière à utiliser un volume d'eau de 140 m^3.

Puissance disponible. — L'aménagement du nouveau projet résultat de la fusion des deux projets de la Boucle et de Grésin créerait avec une chute de 41 *m* et un débit de 140 *m* à la seconde une puissance brute de :

$$\frac{140\,000 \times 41}{75} = 76\,500.$$

A ce rendement, il convient d'ajouter la force que pourrait donner d'une manière continue l'Usine des Excédents soit avec une chute de : 327,00 — 308,00 = 19 *m*.
et un débit constant de 60 *m* à la seconde une force brute créée de :

$$\frac{19{,}00 \times 60\,000}{75} = 13\,800.$$

On obtiendrait donc avec le nouveau projet, sans tenir compte des excédents une force brute totale de 90 300 *ch*.

Les excédents de force qu'il serait en outre possible de réaliser par l'utilisation des débits au-dessus de 200 m^3, peuvent

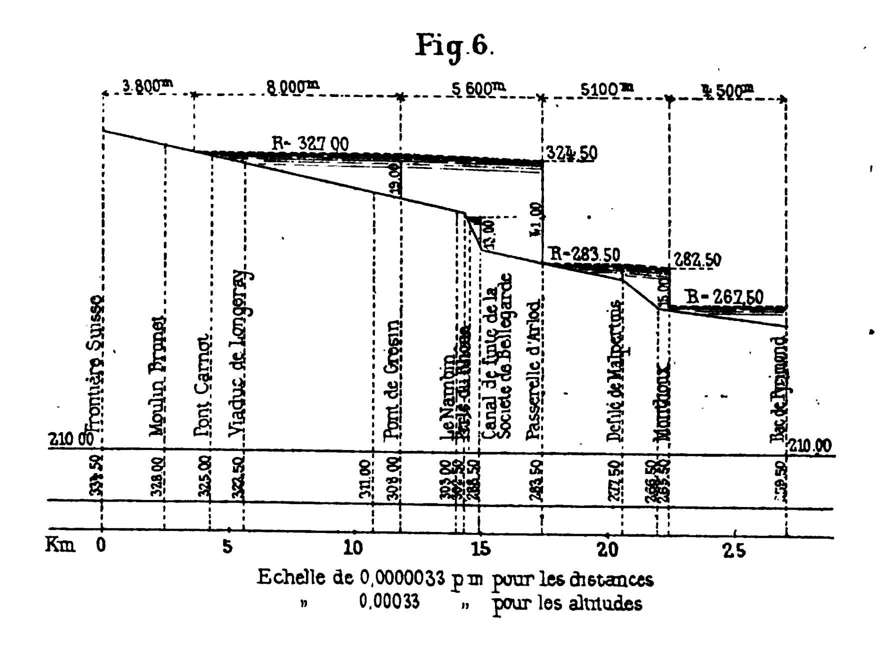
être évalués à un minimum de 15 000 *ch* pouvant être utilisés pendant une période de plus de deux cents jours par an.

Évaluation des dépenses. — Si maintenant nous comparons les dépenses qu'entraînerait l'exécution des deux projets séparés de Grésin et de la Boucle du Rhône, avec celles qui résulteraient d'un projet fusionné, nous pouvons nous rendre compte que la fusion des deux projets réalise une économie importante sur les frais de premier établissement.

Ci-après nous donnons un tableau comparatif dans les deux cas : Projets séparés et fusion.

Cette fusion partielle bien qu'elle laisse encore subsister le

Fig. 6.



Echelle de 0,0000033 p m pour les distances
» 0,00033 » pour les altitudes

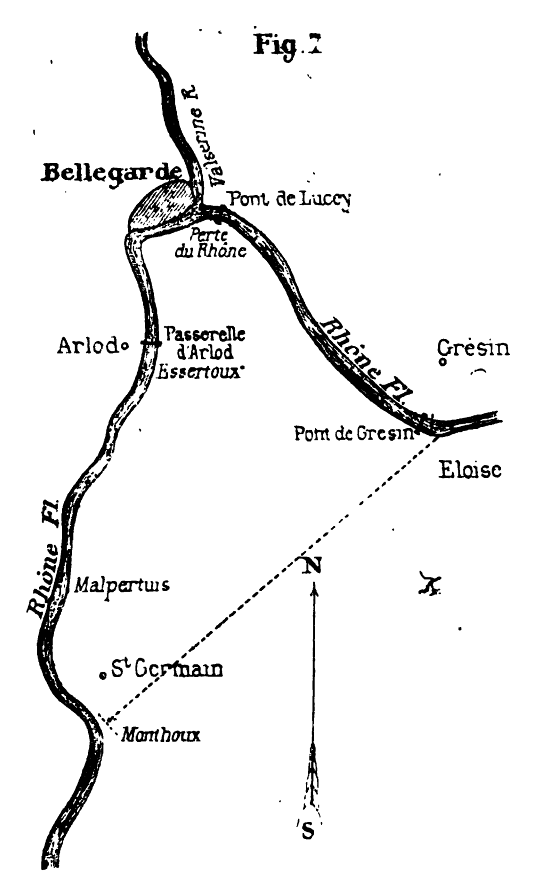
projet de Malperthuis et qu'elle n'englobe pas l'usine de la Société de Bellegarde, présente avec une limitation de concurrence des avantages matériels tels, au point de vue du prix de revient et des frais généraux qu'elle doit être prise en sérieuse considération pour le cas surtout où la fusion générale des projets rencontrerait une opposition irréductible *(fig. 6)*.

DÉSIGNATION DES PROJETS	FORCE EN CHEVAUX bruts	DÉPENSES PAR NATURE d'ouvrages	DÉPENSE TOTALE par projet	PRIX DE REVIENT du cheval brut
		f	f	f
1° PROJET DE GRÉSIN.				
Barrage sur le Rhône, y compris barrage de prise		3 000 000		
Usine génératrice, bassin de prise, bassin de distribution et canaux de fuite.		4 000 000		
Matériel et machines		4 500 000		
Imprévus		500 000		
ENSEMBLE.	45 300	———	12 000 000	264
2° PROJET DE LA BOUCLE DU RHÔNE.				
Barrage de retenue sur le Rhône et barrage de prise		2 000 000		
Dérivation souterraine, y compris bassin de prise et bassin de distribution		3 000 000		
Usine amont		400 000		
Usine aval et canaux de fuite. .		1 200 000		
Matériel et machines		4 900 000		
ENSEMBLE.	51 100	———	11 500 000	225
TOTAL pour les deux projets séparés	96 400		23 500 000	243
3° PROJET FUSIONNÉ.				
Barrage de retenue et barrage de prise		3 000 000		
Usine amont et bassin de distribution.		900 000		
Canal d'amenée à ciel ouvert.		600 000		
Canal d'amenée en tunnel . . .		3 000 000		
Usine génératrice principale et bassin de distribution.		1 500 000		
Matériel et machines		7 000 000		
TOTAL.	90 300	———	16 000 000	177

Groupement des quatre projets.

L'hypothèse d'une entente entre les intéressés demandeurs en concessions, y compris la Société Française des Forces du Rhône suppose la possibilité de remplacer ces différents projets, et l'usine actuelle de Bellegarde, par un projet unique.

Pour que cette nouvelle solution complète soit pratiquement réalisable, il faut qu'en assurant une utilisation aussi rationnelle



que possible de la pente et du débit du Rhône, elle présente au point de vue économique des avantages incontestables.

L'examen de la carte de la région de Bellegarde nous montre que la configuration géographique des lieux permet d'arriver à réaliser cette nouvelle solution par une extension de la donnée initiale qui a servi de base au projet de la Boucle (*fig.* 7).

Ce projet, comme nous l'avons expliqué comporte un barrage sur le Rhône et un canal d'amenée constitué par un tunnel qui traverse la commune d'Éloise à son extrémité nord. Le tracé de la traversée souterraine de la colline d'Éloise peut sans que la longueur du tunnel devienne exagérée être reportée beaucoup plus avant vers le sud.

Ce nouveau tracé partirait d'un point à déterminer en amont du barrage de Grésin et viendrait déboucher à la sortie du défilé de Malperthuis, au point choisi comme emplacement de l'usine génératrice du projet de MM. Planche et C[ie]. Il engloberait donc les trois projets de Grésin, de la Boucle et de Malperthuis et dans l'avenir l'usine de la Société de Bellegarde elle-même.

Ce projet ne comporterait qu'un seul barrage, un seul tunnel et deux usines génératrices.

Nous allons en examiner brièvement les dispositions principales et établir une estimation approximative des dépenses qu'entraîneraient son adoption *(fig. 8)*.

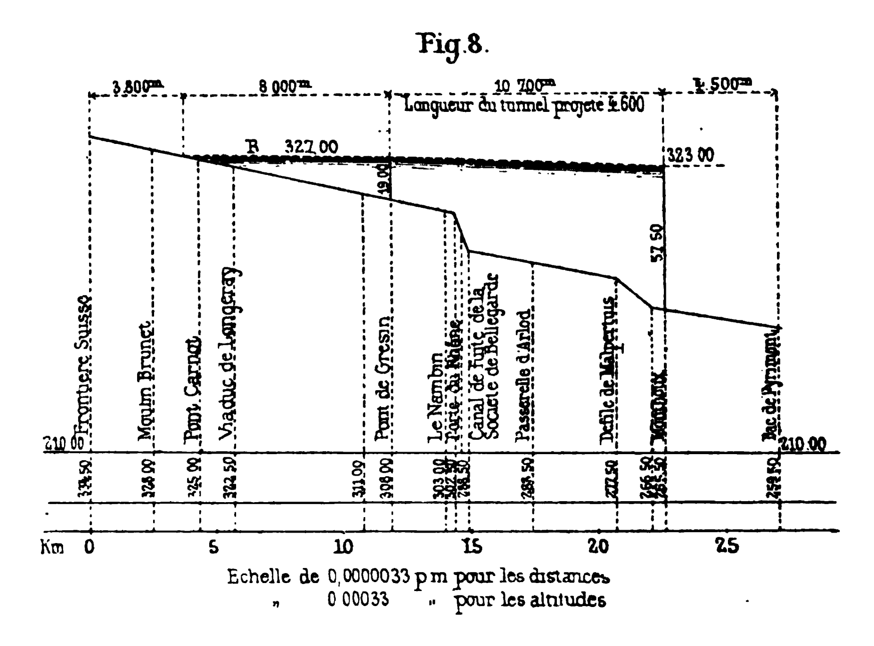


Fig. 8.

Barrage de retenue. — Le barrage de retenue serait établi à environ 200 *m* en amont du pont de Grésin en dehors de la partie rétrécie du fleuve. Le niveau de la retenue resterait fixé à la cote 327, la hauteur totale de l'ouvrage serait d'environ **25 *m*.** En raison de la hauteur considérable de la retenue, on serait con-

duit à relever le seuil de l'ouvrage au-dessus du fond du lit, et à briser la chute par des bassins étagés à l'aval.

Les points d'appui du barrage devraient être profondément encastrés dans les berges, l'ouvrage entier serait fondé à l'air comprimé, avec au minimum 1 *m* d'encastrement dans la couche de molasses marines.

A l'origine du tunnel serait construit un bassin de prise fermé par un certain nombre de vannes permettant de l'isoler du lit du Rhône.

Le canal d'amenée en tunnel aurait une longueur totale de 4600 *m* environ avec une pente de 1 *mm* par mètre et une section présentant une surface de 67 m^2 de manière à pouvoir débiter 200 m^3 à la seconde.

Mais un canal d'amenée souterrain à grande section peut présenter des inconvénients graves. Un accident dans le tunnel peut se produire et arrêter l'usine pendant un temps plus ou moins long, aussi pensons-nous qu'il serait préférable de faire deux petits tunnels parallèles. Il en résulterait il est vrai une légère augmentation dans le prix de revient, mais cette aggravation de dépense est largement compensée par les avantages de sécurité dans l'exploitation et de rapidité dans l'exécution des travaux.

Usine génératrice. — Ce projet comporterait deux usines génératrices, l'une à l'origine et l'autre à l'extrémité des tunnels.

Celle de l'origine utiliserait les excédents de débit du Rhône, au-dessus de 200 m^3 et servirait d'usine de secours en cas d'accidents dans les canaux d'amenée. Cette première usine pourrait être mise en fonctionnement dans un délai de dix-huit mois, elle servirait à fournir la force pour l'achèvement des canaux d'amenée et de l'usine aval. Elle servirait en outre à satisfaire aux demandes de force qui ont déjà été faites aux Syndicats de Grésin et de la Boucle du Rhône, demandes supérieures à 10000 *ch*.

L'usine génératrice principale placée à la sortie du défilé de Malperthuis comprendrait les aménagements nécessaires pour l'installation de trente-deux unités de 5000 *ch* dont deux de réserve.

Puissance disponible. — Dans le calcul de la puissance nous ne considérons pas l'usine amont qui n'est destinée qu'à utiliser les excédents de débits du Rhône au-dessus de 200 m^3 et qui

par conséquent ne peut pas assurer un service absolument continu. Ces excédents de force que nous pouvons évaluer à 30000 *ch* pendant une période minimum de 200 jours par an environ, seront fournis à des prix exceptionnellement bas, et pourront être utilisés sur place par des industries spéciales.

Donc sans tenir compte de l'usine amont, avec la retenue fixée à la cote 327 et une longueur de tunnel de 4600 *m* on aura en basses eaux ordinaires une hauteur de chute de :

$$327{,}00 - 4{,}00 - 265{,}50 = 57{,}50$$

et la puissance brute créée, sera avec un débit de 200 m^3, pendant une période correspondant à 300 jours par an de :

$$\frac{57{,}50 \times 200\,000}{75} = 153\,300 \ ch.$$

Si à ce rendement nous ajoutons les 16000 *ch* que peut donner encore l'utilisation du palier inférieur, par la construction à à Pyrimont d'un barrage avec usine latérale, nous obtenons pour l'ensemble du nouveau projet d'utilisation un rendement total de :

$$153\,300 + 16\,000 = 169\,300 \ ch.$$

Or nous avons vu qu'en donnant toute leur extension aux projets actuels, la puissance brute totale qu'il serait possible de capter est de 168000 *ch.* Les deux résultats se rapprochent donc également du rendement que pourrait donner l'utilisation théorique décrite à la deuxième partie de ce mémoire. Mais outre la possibilité d'utiliser pendant un minimum de 200 jours par an une usine d'excédents de 30000 *ch*, l'adoption du projet unique implique rationnellement un abaissement notable du prix de revient.

Estimation des Dépenses.

Pour l'évaluation des dépenses qu'entrainerait la réalisation de ce nouveau projet, nous nous servirons des données établies d'après l'estimation détaillée qui a été faite des ouvrages prévus au projet de la Boucle du Rhône, nous tiendrons compte toutefois de l'augmentation de longueur du tunnel et des conditions spéciales du barrage de Grésin.

Ci-après nous donnons un tableau résumant des dépenses que nécessiteraient l'existence du projet unique.

INDICATION DES OUVRAGES	DÉPENSE PAR OUVRAGE	DÉPENSE TOTALE
	f	f
1° TRAVAUX.		
Barrage de retenue sur le Rhône.	3 000 000	
Barrage de prise	100 000	
Bassin de prise à l'entrée du tunnel. . . .	200 000	
Usine amont	500 000	
Tunnel de 4 600 *m*	7 800 000	
Bassin de distribution à l'aval	200 000	
Usine génératrice aval.	2 000 000	
TOTAL pour les travaux.		13 800 000
2° MATÉRIEL ET MACHINES.		
Vannes, passerelles, grilles du barrage de prise, vannes de prise et d'admission aux turbines	900 000	
30 turbines de 5 000 *ch*	4 500 000	
10 turbines de 2 500 *ch*	700 000	
30 alternateurs de 5 000 *ch*.	3 200 000	
10 alternateurs de 2 500 *ch*.	600 000	
Pont et chemin de roulement, trottoirs, passerelles, logements, ateliers et outillage	220 000	
Tableaux et divers.	300 000	
TOTAL pour matériel et machines.		10 500 000
ENSEMBLE.		24 300 000

Nous tenons ici à bien faire ressortir que nos estimations sont rigoureusement déduites de travaux antérieurement exécutés, en tenant compte des conditions locales et des difficultés d'exécution.

Elles peuvent paraître élevées si on les compare à certains prix de revient obtenus dit-on pour certaines petites chutes captées dans des conditions exceptionnelles, mais nous estimons qu'il est préférable de ne donner lieu à aucun mécompte, aussi avons-nous établi nos évaluations en faisant la part très large au chapitre des imprévus.

La dépense totale que nécessiterait l'exécution du nouveau

projet global s'élèverait donc à 24 300 000 *f* pour une force brute créée de 153 000 *ch*, soit par cheval :

$$\frac{24\,300\,000}{153\,000} = 158\,f.$$

Comparaison des dépenses dans les trois cas. Projets multiples et fusion partielle ou totale.

DÉSIGNATION DES PROJETS	FORCE EN CHEVAUX bruts	DÉPENSES par PROJET	PRIX DE REVIENT du cheval brut
		f	*f*
1° PROGRAMME D'UTILISATION AU MOYEN DES QUATRE PROJETS CONCURRENTS.			
Projet de Grésin.	45 300	12 000 000	266
Projet de la Boucle.	51 100	11 500 000	225
Société de Bellegarde, installation actuelle.	10 400	4 000 000	384
Projet de Malperthuis	40 000	10 700 000	267
	146 800	38 200 000	260
2° PROGRAMME D'UTILISATION AU MOYEN DES PROJETS DE GRÉSIN ET DE LA BOUCLE FUSIONNÉS.			
Projet fusionné de Grésin et de la Boucle.	90 300	16 000 000	177
Société de Bellegarde, installation actuelle.	10 400	4 000 000	384
Projet de Malperthuis	40 000	10 700 000	267
	140 700	30 700 000	218
3° PROGRAMME D'UTILISATION PAR LA FUSION GÉNÉRALE DES QUATRE PROJETS.			
Projet unique	153 000	24 300 000	158

Si maintenant nous comparons la dépense dans les trois cas examinés, savoir :

1° Avec une entente générale et l'adoption d'un projet unique ;

2° Avec une entente partielle et la fusion des deux projets amont;

3° Avec quatre usines distinctes en concurrence nous trouvons que :

Par l'utilisation au moyen de quatre usines distinctes, le prix de revient du cheval brut serait en moyenne de 260 *f*.

Par l'utilisation au moyen d'une fusion partielle ce prix serait abaissé à 177 *f* pour les deux projets fusionnés, seulement.

Et enfin nous venons de voir qu'une fusion générale et l'adoption d'un projet unique réduirait ce prix de revient à 158 *f*.

Le tableau comparatif ci-dessus résume séparément pour chacun des trois programmes étudiés, les dépenses, la force en chevaux bruts, et le prix de revient du cheval en supposant un débit de 200 m^3 à la seconde, pendant une période de 312 jours par an.

CONCLUSIONS

C'est donc l'adoption d'un projet unique qui à tous les points de vue offre le plus d'avantages, outre l'abaissement du prix de revient, il doit permettre de réaliser sur les frais généraux d'exploitation une économie bien supérieure à celle que réaliserait même le groupement partiel.

Il permettrait par suite d'assurer aux services publics et privés des conditions de location de force plus avantageuses tout en restant rémunératrices pour la Société exploitante.

L'importance de la source d'énergie créée, si elle est exploitée par une société unique permettrait une plus rapide utilisation au moyen de transports à haute tension dans les grands centres industriels de la région.

Ajoutons encore, et exprimons le vœu que la mise en valeur de cette force permette dans un avenir très rapproché de faire la traction électrique entre Lyon et Genève.

Malgré l'importance des capitaux à mettre en œuvre pour la réalisation totale du grand projet, l'entreprise au point de vue financier sera facilitée par la possibilité de fractionner les augmentations de force suivant les besoins de l'industrie.

Cette mise en valeur progressive serait obtenue en créant tout d'abord à l'amont du canal d'amenée l'usine dite du barrage, on construirait ensuite un tunnel de 35 m^2 de section pouvant débiter 100 m^3 puis un deuxième tunnel parallèle au premier,

et l'on donnerait à la grande usine aval l'extension progressive qu'elle comporterait suivant les besoins, et jusqu'à son complet achèvement.

Ces avantages peuvent être il est vrai réalisés, mais à un degré bien moindre par le groupement partiel; mais ils disparaissent complètement avec quatre projets distincts et concurrents.

Voilà pourquoi nous ne pouvons nous empêcher de conclure malgré les antagonismes probables d'intérêts particuliers, en faveur d'un projet unique, comportant la construction d'un seul barrage, d'un seul tunnel et de deux usines génératrices utilisant toute la chute du Rhône entre la frontière suisse et Génissiat.

Il serait donc de l'intérêt général que cette fusion complète put aboutir puisqu'elle réalise mieux qu'aucune autre solution la mise en valeur la plus économique de cette immense richesse régionale.

Si des intérêts particuliers y opposaient un obstacle insurmontable nous avons montré qu'une fusion partielle ne laissant plus subsister que deux projets, présenterait à tout le moins des avantages considérables sur l'adoption de quatre projets concurrents mettant à la fois en présence des intérêts et des compétitions multiples.

De toute manière il est à souhaiter qu'une pareille richesse ne reste pas plus longtemps inexploitée et que nous entrions résolument en France dans la voie féconde ou nous avons été précédés depuis longtemps par la Suisse et par l'Italie.

Les études poursuivies depuis trois ans ne doivent pas rester stériles: elles sont la préface de travaux considérables à répartir sur plusieurs années : il serait à désirer que leur achèvement coïncidât avec la pleine extension du mouvement provoqué par les résultats obtenus dans l'emploi de l'énergie électrique.

C'est au sujet de cet emploi que nous demandons la permission d'ajouter quelques mots et de souligner une constatation très importante que j'ai pu faire par moi-même dans la région lyonnaise.

Il doit être évident pour tous que, pour la marche continue et les grandes forces, la machine à vapeur ne peut lutter contre la force hydro-électrique.

Les avantages économiques de cette dernière sont tels, qu'elle est en train de provoquer une véritable révolution dans les

industries qui demandent des forces considérables comme l'électro-chimie et l'électro-métallurgie.

Il est d'ores et déjà impossible d'assigner des limites à l'essor qu'elles prendront dans l'avenir.

On peut dire en effet que, dans cette voie, une activité fiévreuse, une émulation sans pareille président en ce moment aux recherches les plus variées dans tous les laboratoires du monde et l'on peut prophétiser sans crainte que ce siècle verra s'accomplir de grandes choses dans le domaine de l'électro-chimie.

Le jour, prochain peut-être, où, grâce à l'énergie électrique, se découvrira par exemple un procédé pour fixer l'azote de l'air et remplacer économiquement les quantités énormes de nitrate de soude et de sulfate d'ammoniaque que réclament nos champs, les forces hydrauliques suffiront à peine aux demandes de l'agriculture.

Cet avenir pour l'emploi des grandes forces ne fait plus de doute pour personne. Nous ne voulons pas y insister, non plus que sur les combinaisons si pratiques, permettant d'utiliser la même énergie hydro-électrique pour l'éclairage pendant la nuit et pour la distribution de force motrice industrielle pendant le jour. L'exemple de la ville de Genève qui, en dehors même de ses locations de force motrice, consent, pour encourager les recherches dans le domaine de l'électro-chimie, à passer avec les industriels des contrats provisoires aux prix les plus bas et y trouve encore son compte, montre avec quelle élasticité toutes ces combinaisons peuvent être recherchées et réalisées par les usines de force hydro-électrique.

C'est aussi du côté de la « houille blanche » que s'oriente déjà l'industrie des chemins de fer, en encourageant tout d'abord l'exploitation de réseaux en pays de montagnes, à la source même des forces hydrauliques.

L'Italie, dont nous avons pu admirer la remarquable exposition l'année dernière à l'annexe de Vincennes, nous a devancés dans cette voie avec deux lignes : celle de la Valteline, sur le réseau de l'Adriatique, et celle de Milan-Gallazate-Arona, sur le réseau de la Méditerranée.

Cette dernière ligne reçoit sa force d'une usine génératrice qui utilise en même temps ses excédents au profit de l'industrie privée.

En France, dans l'Isère, des voies ferrées électriques sont pro-

jetées dans la vallée du Drac du côté de la Mure et du Gap ; la Compagnie P.-L.-M. en construit une autre entre le Fayet et Chamounix ; et peut être cette puissante Compagnie ne sera-t-elle pas longtemps sans envisager l'emploi, vers Genève, des forces hydrauliques du Haut Rhône dont je viens de vous parler.

Mais ce que nous voudrions plus particulièrement souligner, ce sont les avantages considérables et plus imprévus résultant de l'emploi de l'énergie hydro-électrique par l'industrie moyenne et la petite industrie, alors même qu'il s'agit de forces restreintes et discontinues. Nous parlons, bien entendu, des centres industriels qui ne sont pas trop éloignés des usines génératrices ; encore cette distance peut-elle s'acroître tous les jours, grâce aux progrès incessants réalisés ; car on peut considérer dès aujourd'hui qu'un éloignement de 200 *km* n'apporte plus aucun obstacle sérieux à l'établissement d'une ligne de transmission.

C'est dans ces centres industriels à proximité des grandes villes, là où peut se recruter le plus facilement tout un personnel d'ouvriers spéciaux, et où se trouvent les meilleurs débouchés, que, par contre, le prix du cheval-vapeur est le plus élevé.

La perte et les frais de transmission de l'énergie électrique ne l'empêchent donc pas, dans la plupart des cas, de concurrencer *à première vue* la force à vapeur.

Mais nous ajoutons qu'à l'expérience le nombre des cas augmente aussitôt singulièrement.

En effet, alors même qu'un industriel a tenu compte, pour établir le prix de revient réel de son cheval-vapeur, des éléments si nombreux qui dans la pratique le font toujours dépasser de beaucoup les prévisions des constructeurs, prévisions basées sur un nettoyage parfait des générateurs et un entretien non moins parfait de tous les organes des machines, il arrive le plus souvent qu'il lui est impossible d'apprécier les pertes provenant des transmissions.

Dans certaines dispositions compliquées d'usines, ces pertes dépassent tout ce que l'on pourrait imaginer, à tel point que le prix de revient réel du cheval-vapeur utile s'augmente parfois du simple au double.

Tel industriel qui estime utiliser 50 *ch* pour la marche de son outillage et qui fait découler de ce nombre le prix de revient du cheval n'a un travail utile que de 35 et même de 30 *ch*. Qu'arrive-t-il alors? — et c'est sur ce point qu'en terminant

nous voulons attirer l'attention, — c'est que le jour où cet industriel fait l'expérience de la force électrique, installe quelques machines réceptrices et substitue quelques fils à de grosses transmissions il s'apperçoit que son compteur d'énergie électrique ne lui compte et ne lui fait payer que 30 à 35 *ch* pour toute son usine et que dès lors il réalise un surcroît considérable d'économie sur lequel il n'avait pas tablé.

Cela, nous l'avons constaté à Lyon sur la déclaration formelle et précise de plusieurs intéressés, et nous avons cru, — bien que ce fût peut-être une disgression, que c'était un argument de plus pour démontrer tout l'intérêt qui s'attache, — même pour l'industrie n'employant dans de grands centres que des forces assez restreintes, — à la mise en valeur des richesses exceptionnelles en houille blanche que nous pouvons tirer des Alpes françaises sur le cours rapide et puissant du Haut Rhône.

CHRONIQUE

N° 256.

SOMMAIRE. — Les machines à vapeur aux États-Unis en 1838. — Machine à vapeur d'acide sulfureux. — Bateaux avec moteur à turbine. — L'institut électro-mécanique de Louvain. — Distribution électrique de force dans les ateliers. — Lampe électrique à l'osmium.

Les machines à vapeur aux États-Unis en 1838. — Un ouvrage, très remarquable pour l'époque, publié à Paris en 1842 sous le titre : *les Machines à vapeur aux États-Unis*, et donnant la traduction des traités de Dodge, Renwick et D. Stevenson, avec une magistrale introduction d'Eugène Flachat, contient un extrait d'un rapport adressé au Congrès des États-Unis, par Levi Woodbury, secrétaire du Trésor, sur le nombre des machines de bateaux en service en 1838, sur le nombre, la nature et les causes des accidents qui sont survenus et certaines mesures supplémentaires de législation à proposer.

Dans un numéro récent, l'*Engineering Record* a rappelé le rapport de Woodbury et en a donné une analyse complète dans laquelle on trouve des détails intéressants qui ne figurent pas dans l'extrait dont nous avons parlé ci-dessus, ce qui nous engage à reproduire cette analyse en laissant de côté la partie statistique qui se trouve presque entièrement dans l'ouvrage français.

Le rapport en question, adressé au président de la Chambre des Représentants, constitue un volume de 416 pages (1) accompagné de nombreux tableaux. Il parait avoir été provoqué par une résolution de la Chambre dont l'attention avait été appelée sur les risques excessifs que courait la vie des mécaniciens employés sur les bateaux de l'Ohio et du Mississipi.

La première machine à vapeur fut établie en 1787 dans le New-Jersey, c'était dans une mine; la suivante fut installée en 1791 dans une filature de coton à Kensington, près de Philadelphie. La première locomotive fut introduite en 1831 sur le chemin de fer de Newcastle, dans l'État de Delaware, la seconde en 1832 sur le Baltimore and Ohio R. R. dans le Maryland.

En 1838, il y avait aux États-Unis 800 machines de bateaux dont la moitié sur l'Ohio et le Mississipi; mais l'État de New-York en comptait 140. Le plus grand bateau de l'époque était le *Natchez*, de 800 *tx* et 300 *ch*. La marine des États-Unis ne possédait qu'un seul vapeur, le *Fulton*, second du nom. Ce navire, de 58 *m* de longueur, avait deux machines de 250 *ch* chacune, dont le cylindre avait 1,270 *m* de diamètre et 2,745 *m* de course; les cylindres étaient inclinés à bielle directe. Un fait à signaler est que ce vapeur avait pour chef mécanicien Charles

(1) L'extrait donné dans l'ouvrage français compte 19 pages.

H. Haswell, qui existe encore aujourd'hui, après avoir fait une longue et honorable carrière dans la marine des États-Unis (1). Il semble que la machine construite pour le premier *Fulton* n'a jamais fonctionné, car elle n'était pas à bord lorsque ce bateau sauta et fut ensuite démolie comme n'étant susceptible d'aucune utilisation (2),

La plus grande partie du rapport dont nous nous occupons est relative aux accidents de machines à vapeur dont il énumère 260. Le premier remonte à 1816 et arriva au vapeur *Washington* sur l'Ohio. On trouve 28 accidents survenus à des locomotives, mais dont deux seulement sont dus à l'explosion de la chaudière. Le rapport attribue, dans une certaine mesure, ce fait à ce que les mécaniciens de locomotives étant plus exposés que les autres, prennent plus de précautions, qu'ils n'ont pas l'occasion d'engager des luttes de vitesse et que l'alimentation de leurs chaudières peut s'opérer d'une manière plus régulière et uniforme.

Le secrétaire Woodbury recommande certaines dispositions supplémentaires dans la législation pour arriver à réduire le nombre des accidents. Au premier rang de ces mesures figure la nécessité de faire constater l'aptitude du personnel au moyen d'examens et de certificats. Ces examens devront être passés devant des hommes de grande science et de compétence particulière qui recevront une rémunération en rapport avec leur valeur. Le journal américain fait remarquer avec quelque peu de malice que, cette même année 1838, la Chambre avait voté un bill par lequel une indemnité de 25 francs devait être allouée aux « hommes de grande science » pour une inspection minutieuse et complète de chaque bateau à vapeur avec rapport à l'appui, ce qui inspirait au professeur Benjamin Silliman les observations suivantes : « L'indemnité attribuée aux inspecteurs me parait absolument insuffisante pour obtenir le concours d'hommes possédant le talent, l'intelligence, l'instruction et le dévouement nécessaires pour ces fonctions qui impliquent une très grande responsabilité, car il ne s'agit de rien moins que de la sécurité absolue que doivent présenter les navires à vapeur, tant dans leurs coques que dans leurs appareils moteurs. Il est craindre que, faute d'hommes de valeur que n'attirera pas une rétribution aussi misérable, on ne trouve pour ces fonctions qu'un personnel non seulement peu capable, mais porté par un paiement insuffisant à se laisser corrompre par les propriétaires des bateaux.

(1) Nous avons déjà eu occasion de signaler ce fait en donnant des extraits des travaux de M. Haswell. (Voir entre autres, Chroniques de juin 1898, p. 1141 et juillet 1899, p. 105.)

(2) De ce que la machine n'était pas à bord lorsque le bateau sauta quatorze ans après sa construction, il paraît difficile de conclure qu'elle n'avait jamais fonctionné et, en tout cas, ce dire est en contradiction avec les renseignements donnés dans l'ouvrage de Stuart, *Naval and Mail Steamers of the United States*, d'après lequel le *Fulton* ou *Demologos* ayant été mis à l'eau le 4 octobre 1814, le montage des machines commença le 21 novembre. Le premier essai eut lieu en rivière le 1er juin 1815, le second en mer le 14 juillet, « la vitesse réalisa toutes les espérances »; le parcours de 53 milles, aller et retour fut accompli en huit heures vingt minutes, sans l'aide de voiles. Un troisième essai eut lieu, avec l'armement à bord, en septembre 1815 et la vitesse moyenne fut de 5 1/2 nœuds. Nous renverrons, au sujet de ce premier navire de guerre, à ce que nous en avons dit dans la Chronique de juin 1898, p. 1142.

Quelques-uns des rapports concernant les premiers bateaux à vapeur sont très curieux. Voici, par exemple, un fait rapporté par Elihu Bunker, constructeur et capitaine de navire.

« Il se produisit, en 1817, un singulier accident sur la Tamise (États-Unis). Gilbert Brewster, de Norwich, s'imagina qu'il avait trouvé un système de construction de bateau à vapeur très supérieur aux systèmes employés alors et exécuta, d'après son plan, un petit bateau avec une machine et une chaudière en bois. Son bateau achevé, il voulut l'essayer à l'occasion d'une visite que le Président Monroe fit à New-London. Une cinquantaine de personnes s'embarquèrent sur le bateau qui descendit la rivière depuis Norwich. Ces personnes se trouvaient, avec le cuisinier du bord, dans la cabine située à l'arrière du bateau, lorsqu'on signala l'approche du *Fulton* ayant à son bord le Président. Tout le monde se précipita sur le pont aussi vite que le permirent les dimensions de l'escalier, le cuisinier se trouvant le dernier. Il n'était pas à la moitié de l'escalier que le fond de la chaudière fut projeté et il eut la jambe gauche légèrement échaudée. La projection fut si violente que tout fut balayé, chaises, tables, cloisons, etc., jusqu'à l'arrière du bateau. Si l'explosion eut eu lieu une minute ou deux plus tôt, elle aurait fait une cinquantaine de victimes. »

Le rapport contient une lettre intéressante du célèbre inventeur et constructeur Seth Bogden, qui habitait alors Newark; en voici la partie la plus intéressante :

« On a publié beaucoup d'informations concernant les explosions de chaudières, voici un fait qui ne paraît pas avoir été mentionné malgré sa très sérieuse importance. L'eau qui a été chauffée quelque temps sous pression dans une chaudière, si elle est agitée brusquement, dégage une grande quantité de vapeur qui donne une pression en rapport avec la pression qui existait avant et l'intensité de l'agitation. Cet effet devrait être connu de tous ceux qui ont charge de chaudières à vapeur.

» Supposons un bateau à vapeur stationnant le long d'un quai avec la machine arrêtée et la soupape de sûreté close, mais les feux brûlant comme d'habitude; l'eau s'échauffe de plus en plus sans que la pression augmente beaucoup. Lorsqu'on met la machine en mouvement, la vapeur sortant de la chaudière est remplacée par de la vapeur sortant de la partie inférieure où l'eau est plus chaude, l'ascension des bulles de vapeur à travers la masse, jointe aux vibrations produites par le mouvement du bateau, agite l'eau et détermine la formation brusque d'une grande quantité de vapeur et une augmentation soudaine de pression qui peut amener l'explosion de la chaudière; on a remarqué, en effet, que des accidents de ce genre se produisent fréquemment lorsque les bateaux quittent le quai. On a remarqué aussi que l'explosion d'une chaudière, dans un bateau qui en a plusieurs, détermine presque toujours l'explosion successive des autres. Le seul remède à cette cause d'accident serait de donner une marge considérable de résistance aux chaudières ou de maintenir ouvertes les soupapes de sûreté pendant les stationnements, et aussi de recourir simultanément à ces deux genres de précautions. »

M. Mahon Betts indique, dans un document joint au rapport, qu'on

commençait en 1838 à introduire les tubes de niveau d'eau en verre sur les bateaux dans les eaux de la Delaware. Ces appareils paraissent surtout utiles pour les raisons suivantes : si on marque à l'extérieur de la chaudière, d'une façon visible, la hauteur du ciel des foyers ou carneaux et que le niveau d'eau en verre, ainsi que le manomètre à mercure, puissent être vus facilement par les passagers, on aura une très sérieuse garantie de sécurité, car il y aura presque toujours parmi les voyageurs quelques-uns au courant de la conduite des machines à vapeur ; cette idée seule suffira pour rendre attentif à ses devoirs le personnel de la machine.

Au nombre des recommandations faites par le secrétaire Woodbury, il s'en trouve une relative à des examens devant être passés par les mécaniciens et chauffeurs. Le seul document contenu dans les annexes du rapport qui se rapporte à ce sujet est une note adressée au President Von Buren par M. William B. Dodd, de Newark, N. J., lequel s'intitule « Ingénieur praticien et théoricien », et s'exprime ainsi :

« Ayant appris qu'une loi a été votée par le Sénat et la Chambre des Représentants et sanctionnée par vous, relativement aux explosions de chaudières, je crois pouvoir affirmer qu'il n'est pas au pouvoir de l'homme de prévenir ces explosions, si ce n'est au prix d'une longue expérience et d'une pratique prolongée. La faute n'en est pas aux chaudières mais à ceux qui les conduisent et sont incapables de le faire pour les raisons suivantes : 1° parce qu'ils ne connaissent rien de la nature de la vapeur ; 2° parce qu'ils ne savent pas remédier à un défaut s'il en existe un. Il n'y a pas parmi ceux qui se disent conducteurs de machines un sur dix qui soit un mécanicien au point de vue théorique et pratique. On doit attribuer ce fait à ce qu'un homme de valeur et d'expérience ne travaille pas pour le salaire qu'on donne à un homme qui n'a aucune pratique du métier qu'il veut exercer. Les commissions, au lieu d'examiner des inventions, feraient mieux d'examiner les hommes, et ceux qui seraient reconnus capables de surveiller des machines et de tenir entre leurs mains la vie de milliers de leurs semblables devraient recevoir des diplômes du Gouvernement et une loi devrait permettre aux seuls porteurs de ces certificats de conduire des machines. »

Machine à vapeur d'acide sulfureux. — Nous avons, dans les *Informations techniques* d'avril 1900, 2e quinzaine, page 261, dit quelques mots, d'après la *Zeitschrift der Vereines Deutscher Ingenieure*, d'un essai fait en Allemagne d'un moteur à vapeurs combinées, établi sur le principe inauguré par Du Trembley, mais employant comme second liquide l'acide sulfureux (1).

Nous trouvons dans les transactions de l'*American Institute of Electrical Engineers* quelques nouveaux détails sur ce système donnés par M. W. J. Hammer, à la suite d'une inspection faite sur place.

(1) Nous avons analysé dans la chronique de juin 1881, page 666, un travail de notre distingué Collègue, D. Stapfer, paru dans le Bulletin de la *Société Scientifique industrielle de Marseille* sur l'utilisation comme force motrice des vapeurs autres que la vapeur d'eau. On pourra s'y reporter utilement au sujet de la question dont nous nous occupons ici.

Les essais faits par MM. Behrend et Zimmermann sur un premier appareil ont été assez satisfaisants pour attirer l'attention du professeur G. Josse, de l'Ecole technique supérieure de Charlottenbourg, qui a fait des essais très suivis sur cette machine et est en train d'en faire d'autres sur un nouvel appareil installé à Charlottenbourg. Trois grandes maisons allemandes se sont intéressées dans cette affaire : l'Union Elektricitäts Gesellschaft, l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft et la maison Siemens et Halske.

La machine est un moteur compound à deux cylindres de 0,340 et 0,530 *m* de diamètre et 0,500 *m* de course, marchant à 41,5 tours par minute. La vapeur sortant du cylindre à basse pression passe dans un condenseur à surface ou vaporisateur dans lequel on emploie comme agent de réfrigération de l'acide sulfureux liquide. La chaleur de la vapeur dégagée par la condensation vaporise l'acide sulfureux dont la vapeur va agir sur le piston d'un troisième cylindre, lequel a 0,300 *m* de diamètre, la même course 0,500 *m* que les autres cylindres, mais fait 77 tours par minute, car il agit sur un autre arbre, disposition adoptée pour pouvoir apprécier facilement la force développée par chaque machine et aussi pour d'autres raisons. A la sortie de ce cylindre, l'acide sulfureux est condensé dans un condenseur à surface, refroidi par de l'eau, de sorte que le même liquide sert toujours.

Les essais ont donné les résultats suivants :

La machine à vapeur d'eau a développé 34 *ch* indiqués avec une dépense de vapeur de 8,60 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure. La machine auxiliaire a donné 19 *ch*, ce qui représente 56 0/0 de la force donnée par la première machine, de sorte que le travail total de 1,56, obtenu pour la même dépense, a réduit la dépense par cheval indiqué et par heure de 8,60 à 5,51 *kg*. L'ensemble des expériences permet de conclure que, pour chaque 15 *kg* de vapeur passant dans la machine principale, on peut produire un cheval dans la machine auxiliaire. Avec une bonne machine compound consommant 7,5 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure, on obtiendra par cheval de la machine principale un demi-cheval dans la machine auxiliaire en admettant un vide de 0,60 *m* de mercure correspondant à une température de 60° C. La dépense par cheval indiqué et par heure se trouve ainsi ramenée à 5 *kg* de vapeur. Si on prend pour limite extrême de la température de vaporisation de l'acide sulfureux 60° et 20°, la pression de cette vapeur oscillera entre 10 et 2,35 *atm*. Si on suppose une machine principale sans condensation dont la vapeur sortira à 100°, on aura une pression très élevée pour la vapeur d'acide sulfureux et la proportion de travail donné par le moteur auxiliaire sera relativement beaucoup plus considérable. En principe, on obtiendra un avantage d'autant plus élevé par l'emploi de ce moteur que le moteur principal fonctionnera d'une manière moins avantageuse.

Un avantage très sérieux de l'emploi de l'acide sulfureux est que ce liquide a une nature légèrement visqueuse et agit comme lubrifiant sur les parois intérieures des cylindres. Il en résulte une économie très sensible de matières grasses. Le professeur Josse estime que, dans une station centrale de 2 000 *ch*, on peut obtenir une force supplémentaire

absolument gratuite de 1 000 *ch*. Dans les mines et dans les usines métallurgiques, on trouve beaucoup de machines qui consomment plus de 10 *kg* de vapeur par cheval et qu'une installation de 3 000 *ch* pourrait être transformée en une de 5 000 par l'emploi de la vapeur auxiliaire, sans augmentation des dépenses de service.

Une machine à triple expansion à laquelle on a adjoint une machine à vapeur d'acide sulfureux sert à fournir l'éclairage et la force électriques dans l'École technique supérieure de Charlottenbourg.

Des essais très complets ont été faits sur cet appareil par le professeur Josse et ses assistants. M. Hammer a vu fonctionner cette machine et il paraît que, même avec la meilleure utilisation de la vapeur que donne la triple expansion, on peut encore obtenir 35 0/0 de puissance supplémentaire sur la machine auxiliaire. Toutefois, M. Josse ne croit pas qu'il y ait en général intérêt de dépasser la double expansion dans le moteur principal. Un fait intéressant pour l'avenir de ce système est que l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft installe actuellement une machine à vapeur d'acide sulfureux dans sa station de la Markgrafenstrase, à Berlin.

On peut toutefois signaler comme un inconvénient sérieux, l'odeur et la nature irrespirable et irritante de l'acide sulfureux et, avec toutes les machines on est exposé à des fuites. Il faudra donc prendre des précautions particulières qui n'ont d'ailleurs rien d'impossible à réaliser puisqu'on a déjà eu l'expérience des machines à éther, dans lesquelles on avait pratiquement tromphé de cette difficulté. Du reste, le professeur Josse estime qu'avec une construction soignée, les machines ne donnent absolument aucune odeur d'acide sulfureux, ce qui indique une étanchéité complète des joints et presse-étoupe. Son avis est que l'expérience a donné des résultats surpassant son attente et que le système Behrend constitue un progrès des plus réels pour la machine à vapeur.

Quel que soit le sort réservé à cette tentative, on ne peut s'empêcher de constater que la machine à vapeur montre encore une assez grande vitalité en s'obstinant à ne pas vouloir donner raison à ceux qui persistent à annoncer sa disparition très prochaine. Elle pourrait bien, croyons-nous, leur réserver encore quelques surprises.

Bateau avec moteur à turbine. — Nous avons mentionné, dans la Chronique de mars, page 507, la construction d'un vapeur avec moteur à turbine destiné à faire un service de voyageurs sur la Clyde. Voici sur ce navire quelques détails empruntés à une conférence faite à Glasgow, le 19 février dernier, par notre collègue M. C. A. Parsons, sur le système duquel les turbines motrices sont établies.

Le navire, en construction à Dunbarton, a 76 *m* de longueur, 9,15 *m* de largeur et 5,10 *m* de creux sous le pont principal. Les formes générales de la coque sont celles en usage pour les bateaux de rivières destinés à un service de voyageurs.

L'appareil moteur comprend trois turbines actionnant autant d'arbres porte-hélices. La turbine à haute pression est au centre et actionne une hélice centrale, les turbines à basse pression sont de chaque côté et actionnent des arbres latéraux. De plus, deux turbines pour la marche en arrière

sont placées derrière les turbines à basse pression sur les arbres de celles-ci. Dans la marche en avant, la vapeur venant des chaudières passe d'abord dans la turbine à haute pression et de là, dans les turbines à basse pression, puis au condenseur; dans la première, la détente est de cinq fois, dans les secondes de vingt-cinq fois et la différence entre la pression à la chaudière et la pression au condenseur équivaut à une détente de 125 volumes contre 8 à 16 dans les machines à triple expansion à mouvement alternatif.

Pour une vitesse de 20 nœuds, l'arbre du milieu fera 700 tours par minute et les arbres latéraux 1 000. Dans les manœuvres, on fait fonctionner les hélices latérales seules, en envoyant directement la vapeur dans les turbines à basse pression ; de même pour marcher en arrière, on envoie la vapeur dans les turbines spéciales pour cette marche. Dans ces conditions, la turbine centrale n'agit pas et tourne seulement sous l'action de son hélice, des clapets de retour empêchant la vapeur des autres turbines de réagir sur les aubages de la première.

Les pompes à air des condenseurs sont actionnées par les arbres des turbines par une transmission à vis sans fin. Mais il y a des pompes à air auxiliaires de faibles dimensions mues par les machines indépendantes des pompes de circulation pour faire le vide aux condenseurs avant le départ. La vapeur d'échappement de ces machines auxiliaires est employée à réchauffer l'eau d'alimentation et on lui adjoint au besoin de la vapeur prise au réservoir intermédiaire entre la turbine à haute pression et les turbines à basse pression.

La vapeur est fournie par une chaudière cylindrique tubulaire à retour de flamme du modèle ordinaire. On espère obtenir une vitesse de 27 nœuds très supérieure à celle d'aucun bateau existant actuellement sur la Clyde. Ce bateau pourra, dit-on, faire ses essais dès le 1er juillet prochain.

L'Institut électro-mécanique de Louvain. — Les Écoles spéciales de Louvain viennent d'ajouter à leur outillage un institut électro-mécanique à la hauteur des derniers progrès et dont nous trouvons la description dans le *Bulletin de l'Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain*.

L'établissement comprend :

1° Une salle des machines de 30 × 9 *m*, avec fermes en fer et lanterneau, où sont alignés un moteur à gaz Crossley de 25 *ch*, une machine à vapeur Ridder–Bollinckx de 15 *ch* et une série de dynamos et d'électromoteurs à courant continu, alternatif, multiphasé, de types aussi récents que variés qu'une transmission, courant sur un des longs côtés, permet de mettre en relation avec les deux moteurs. Le moteur à vapeur commande normalement une dynamo de 10 kilowatts et le moteur à gaz une autre dynamo de 18 kilowatts. Ces deux génératrices servent indifféremment à charger la batterie secondaire et éventuellement à l'éclairage électrique de l'établissement.

Pour certaines expériences, la transmission recueille les 25 *ch* du moteur à gaz et les 15 du moteur à vapeur et fournit une puissance mécanique de 40 *ch*.

Cette salle contient aussi, outre un tableau spécial de distribution, le

tableau général distributeur pour tout l'établissement. Elle est desservie par un pont roulant à trois moteurs électriques qui achève de lui donner le caractère d'un véritable hall industriel;

2° Une chaudière à vapeur de 35 m^2 de surface de chauffe, du système Cornouailles-Galloway, desservant, à 6 *atm*, la machine, et alimentant, par l'intermédiaire d'un réducteur de pression, le circuit chauffant tout l'Institut sous quelques dixièmes d'atmosphère;

3° Une batterie secondaire de 300 ampères-heure, avec commutateur-disjoncteur double, permettant de prendre le courant sous une force électromotrice convenable. Elle pourra être doublée;

4° Un petit atelier de machines-outils, tours, foreuses, fraiseuses, etc., desservi par un électromoteur;

5° Un laboratoire de mécanique appliquée pour la mesure de la résistance des matériaux à la traction, à la flexion, etc.;

6° Un auditoire en amphithéâtre, à 72 places, aménagé pour l'enseignement objectif avec modèles et projections;

7° De nombreux laboratoires pour la photométrie, l'électrochimie et et les essais électriques proprement dits, parmi lesquels une vaste pièce de 25×9 *m*, éclairée de chaque côté par six larges baies de 2,20 *m* de largeur, en relation avec le tableau général de distribution et livrant à volonté à chaque table de travail, munie en conséquence d'un petit tableau distributeur spécial, du courant continu, alternatif, multiphasé. D'autres pièces sont spécialement réservées pour les essais délicats ou dangereux. C'est ainsi qu'un laboratoire spécial est destiné au tarage des instruments de mesure et est muni à cet effet des appareils de précision les plus perfectionnés, tandis qu'un autre, où tous les moyens de protection sont employés pour éviter les contacts, est réservé aux essais sur les transformateurs statiques;

8° Enfin, une salle de dessin de mêmes dimensions que le laboratoire est installée pour l'élaboration des projets d'électricité.

Le circuit d'éclairage, alimentant des lampes de tous systèmes, et le circuit de transport desservant les appareils d'essai, sont nettement séparés. La canalisation électrique est toujours adéquate au milieu traversé par les conducteurs et à la nature des courants transportés. Alors que l'éclairage, dont on a proscrit la canalisation sous bois, est desservi par des fils isolés, en vue, longeant le haut des murs sur isolateurs-roulettes en porcelaine, les lignes de transport, reliant les laboratoires au tableau-distributeur général de la salle des machines, sont des câbles sous tubes Bergmann, et ceux qui mettent les dynamos et les électromoteurs en relation avec ce tableau général sont des câbles couverts placés sur isolateurs en porcelaine, dans des caniveaux souterrains cimentés, fermés à la partie supérieure par des dalles de fonte qui permettent une facile surveillance.

La composition même de l'établissement permet de se rendre compte de l'enseignement qui y est donné. Les élèves électriciens sont familiarisés non seulement avec les essais électriques ou magnétiques ordinaires et sur dynamos de tous systèmes, mais avec l'auscultation des engins mécaniques. Par exemple, ils relèveront aussi bien le rendement d'une machine à vapeur ou à gaz que celui d'une dynamo et la résis-

tance à la torsion d'un barreau d'acier que sa perméabilité magnétique.

Les cours théoriques d'électricité sont concretisés autant qu'il se peut. Chaque chapitre se termine par une application mécanique : calcul d'une dynamo, d'un alternateur monophasé, diphasé, triphasé, d'un réseau ordinaire d'éclairage, d'un réseau de distribution de ville, d'un réseau de tramways, d'une station centrale alternative avec transport desservant les consommateurs les plus divers : moteurs, lampes à courant alternatif, transformatrices alimentant des lignes de tramways et des lampes à courant continu.

Si l'on ajoute à cela un cours annuel spécial de constructions électrotechniques, des excursions multipliées et l'étude de nombreux projets d'électricité durant la deuxième année, on verra qu'on a cherché à donner à l'enseignement une tournure vraiment pratique et à mettre les jeunes ingénieurs-électriciens à même de rendre des services sérieux en quittant les bancs de l'école.

Les élèves qui poursuivent le diplôme d'ingénieur-électricien se divisent en deux catégories :

La première comprend ceux qui, dès l'entrée à l'école, se consacrent à l'électricité. La durée des études est de quatre ans. En consultant le programme, on verra que la partie mathématique et la partie constructive y ont la même importance qu'à la section des constructeurs. Les cours spéciaux d'électricité, avec laboratoire, commencent dès la deuxième année.

La seconde catégorie est formée par les élèves porteurs d'un diplôme d'ingénieur correspondant à un programme convenable, comme ceux des grades légaux des mines et des constructions civiles, des grades non légaux des arts, manufactures et mines et des constructeurs.

Pour cette catégorie, une année complémentaire terminée par une épreuve unique suffit pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur-électricien. Le programme des études comprend seulement tous les cours d'électricité répartis sur les trois dernières années d'études de la première catégorie, avec les travaux de laboratoire et les projets qui s'y rapportent.

A cet effet, toutes les leçons ou exercices pratiques d'électricité de l'Institut sont distribués sur l'horaire, de façon qu'il n'y ait jamais coïncidence entre deux leçons ou exercices quelconques.

Aux programmes d'études d'ingénieur qu'elle possédait déjà et qui y conduisent, soit à l'un des diplômes légaux d'ingénieur civil des mines et d'ingénieur des constructions civiles, soit à l'un des diplômes non prévus par la loi d'ingénieur des arts, manufactures et mines, d'ingénieur architecte et d'ingénieur constructeur, l'Université de Louvain a ainsi ajouté un nouveau programme qui, à l'heure qu'il est, fait de ses écoles spéciales l'organisme technique le plus complet qu'il y ait en Belgique.

Nous ne reproduisons pas ici le programme des quatre années d'études qui est très long et que ceux de nos Collègues que la question pourrait intéresser trouveront dans la publication originale à laquelle nous avons emprunté ce qui précède.

Distribution électrique de force dans les ateliers. — La question de la distribution électrique de force dans les ateliers a été récemment discutée devant les sections réunies de mécanique et d'électricité de l'Institut de Franklin.

Le professeur F. B. Crooker, de l'Université de Columbia, a présenté un résumé des avantages de l'électricité pour la mise en action des machines-outils et il a été communiqué des renseignements intéressants sur les résultats obtenus à la fabrique de locomotives de Baldwin et à l'Imprimerie du Gouvernement.

D'après le professeur Crooker, voici quels seraient les principaux avantages obtenus par l'emploi de la distribution électrique de la force :

1° Une réelle économie dans la force employée ;

2° Une réduction dans les dépenses de construction des bâtiments, qui peuvent être faits plus légers à cause de la suppression des lourdes transmissions placées à la partie supérieure des ateliers ;

3° Réduction des dépenses de service, parce que, si les moteurs électriques coûtent, en général, plus que les transmissions par arbres, poulies et courroies, on a moins d'usure et de dépréciation et moins de graissage ;

4° L'arrangement des machines-outils est plus commode, par ce qu'on n'est plus obligé de les placer en files parallèles ou dans des endroits où le jour laisse à désirer ;

5° L'abord des machines est plus facile par suite de la suppression des courroies, etc. ;

6° On a une plus grande propreté, parce qu'il n'y a plus de projection d'huile et de poussière causée par le mouvement des courroies ;

7° Les conditions hygiéniques du travail se trouvent améliorées par la suppression de la poussière, de la crasse causée par l'huile, le meilleur jour, etc. On peut citer à l'appui de cette assertion ce fait qu'à l'Imprimerie du Gouvernement à Washington, depuis l'installation des transmissions électriques, le nombre des ouvriers portés malades a diminué de 30 à 40 0/0 ;

8° Il est plus facile de placer les divers ateliers dans des bâtiments différents, et de les répartir selon les convenances du travail sans se préoccuper de la force motrice ;

9° Pour des raisons analogues, il est plus facile d'agrandir un atelier au fur et à mesure des besoins ;

10° Les accidents dus à la force motrice n'ayant plus que des conséquences partielles et locales, les conséquences en sont moins graves.

11° Le contrôle de la vitesse des outils est beaucoup plus facile avec la transmission électrique et on peut faire varier cette vitesse aisément ce qui est un avantage très sérieux avec certaines machines ;

12° Les conséquences de plusieurs des avantages énumérés ci-dessus se traduisent par une augmentation du produit, qu'on peut, dans l'opinion de l'auteur, évaluer à 20 à 30 0/0 et même plus, suivant les cas, à égalité de surface d'atelier, de nombre de machines et de nombre d'ouvriers.

Le professeur Crocker établit trois divisions pour la manière de relier les outils et les moteurs. La première consiste à faire commander direc-

tement l'outil par le moteur ; la seconde à interposer une transmission par engrenages, ce qui est souvent nécessaire lorsqu'il y a une grande différence entre les vitesses de rotation des deux parties, et la troisième dans l'interposition d'une transmission par courroie, lorsque cette différence est modérée. L'élasticité des courroies est, dans certains cas, un réel avantage en ce qu'on évite ainsi les chocs sur les moteurs et les variations dans le courant qui se produisent avec les deux autres modes de transmission.

M. Samuel Vauclain, directeur général des établissements Baldwin, expose que, si ces établissements cessaient d'employer la transmission électrique, les produits de leur fabrication leur coûteraient de 20 à 25 0/0 de plus en main d'œuvre, et que pour la même production il leur faudrait 40 0/0 de plus de superficie d'ateliers.

M. W. H. Tapley donne des renseignements sur les résultats obtenus par l'emploi des transmissions électriques à l'Imprimerie du Gouvernement pendant les cinq dernières années. La dépense d'électricité a été, dans l'année 1894, de 218 175 kilowatts-heure contre 644 504 kilowatts-heure en 1899 pour l'éclairage et la force. En 1894 le coût en charbon et gaz s'est élevé aux chiffres respectifs de 91 400 et 47 650 *f* et en 1899 à 23 500 et 4 730 *f*. On a constaté que, depuis l'introduction de l'électricité pour la commande des machines, le coût du personnel pour la force motrice a légèrement diminué et que la dépense de charbon et de gaz a été réduite de 110 000 *f* bien que le total de la force employée ait presque doublé, que l'éclairage emploie actuellement 5 000 lampes de 16 bougies au lieu de 2 000 et que les chaudières aient à pourvoir au chauffage de locaux beaucoup plus vastes qu'en 1894. La production a été de 25 0/0 en augmentation.

L'installation électrique a coûté 750 000 *f* et cette dépense a produit une économie de 16 2/3 0/0 sur ce chiffre et, si on déduit 6 2/3 pour assurances, impôts et intérêts, on trouve un bénéfice net de 10 0/0.

La capacité moyenne de production des presses de l'imprimerie correspondait à une production par presse de 50 *f* par jour, soit pour 100 presses, 5 000 et, pour 300 jours par an 1 500 000 *f*. L'accroissement de production, depuis les installations électriques, a été de 10 0/0, soit 150 000 *f*, ce qui en cinq ans, suffirait à payer la dépense de transformation.

Les autres branches n'ont pas donné une augmentation aussi marquée, mais on peut dire toutefois que, dans les divisions mécaniques, la production par unité de surface de plancher s'est accrue de 15 à 20 0/0. Des essais faits en 1898 ont montré qu'on consommait 1,43 *kg* de combustible par kilowatt-heure, soit une dépense en argent de 10 centimes. Des relevés de l'année 1899, résulte que, chauffage compris, pour la production indiquée précédemment, on a dépensé par kilowatt-heure 5 *kg* de combustible soit une dépense en argent de 15 centimes.

Lampe électrique à l'osmium. — La revue allemande *Electrotechnische Zeitschrift* donne les renseignements suivants sur la nouvelle lampe électrique à l'osmium.

On sait qu'une source lumineuse est d'autant plus économique qu'elle

fonctionne à une température plus élevée. C'est pour cela qu'au fil de platine des premières lampes à incandescence on a substitué le filament de charbon. L'osmium qui est celui des métaux qui a le point de fusion le plus élevé est supérieur au charbon pour cet usage et peut être employé depuis que le docteur Auer de Welsbach a indiqué la manière de l'obtenir sous forme de fils alors qu'auparavant on ne le connaissait que sous forme de matière pulvérulente ou spongieuse ou d'un corps dur incapable de se soumettre à aucun travail.

L'avantage que présente l'emploi de l'osmium est que, à dépense égale d'énergie électrique, il donne plus de lumière que le filament de charbon ou qu'à lumière égale il consomme moins d'énergie. De plus il a une plus grande durée. Ainsi une lampe a l'osmium consommant 1,5 watt par bougie a une durée de 600 heures et quelquefois de 1 000 à 1 200.

Quand l'ampoule a perdu quelque peu de sa transparence, on peut la lui rendre facilement et à peu de frais, sans avoir besoin de changer ni le fil ni l'ampoule.

La nouvelle lampe, à cause de la moindre résistance de l'osmium, exige moins de tension que les lampes ordinaires à filament de charbon. On les construit actuellement pour des tensions de 20 à 50 volts. Si la tension des lignes principales de transmission est de plus de 100 à 200 volts, il est nécessaire de la réduire.

Quand l'énergie est fournie avec des courants alternatifs ou polyphasés, on réalise l'abaissement du voltage par l'emploi de transformateurs simples établis dans les sous-stations ou dans les maisons.

Cette lampe fonctionnant à faible tension se prête très bien à l'emploi des accumulateurs ; elle donne une grande économie dans la dépense d'électricité et dans le poids des accumulateurs nécessaires, ce qui la rend très commode pour l'application de l'éclairage électrique aux voitures et aux chemins de fer.

L'Ingénieur Scholz qui a fait des expériences sur cette lampe évalue à 60 0/0 l'économie d'énergie électrique à lumière égale ; de plus, la lampe donne moins de chaleur que la lampe à filament de charbon. On en établit actuellement d'intensités variant entre 2 et 200 bougies.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1901.

Notice nécrologique sur M. Ernest Mayer, par M. Paul Toulon.

En signalant cette notice, nous ne pouvons nous empêcher d'émettre le regret que notre distingué Collègue et ancien Vice-Président, décédé à la fin de 1899, n'ait pas encore eu sa carrière, si bien remplie, décrite par une biographie dans les Bulletins de notre Société. C'est un oubli qu'il est encore possible de réparer.

Rapport de M. A. Barbet sur **la chaudière Montupet.**

Le principe de cette chaudière est dans l'emploi d'un tube Field incliné, s'ajustant dans un caisson unique, partagé en deux compartiments par une cloison médiane; ce principe est commun à plusieurs systèmes de chaudières; celle dont nous nous occupons est caractérisée par le mode d'emmanchement du tube de vapeur dans la cloison médiane et la plaque arrière du caisson. Le tube se trouve constamment appuyé et serré sur son joint par la pression même de la vapeur; il n'y a pas de joint dans la plaque avant, ce qui évite de ce côté toute fuite; le joint est fait dans la cloison médiane, c'est-à-dire dans un milieu enveloppé d'eau où les pertes sont sans importance, de plus aucune projection des tubes à l'avant n'est à redouter. Ce mode d'assemblage est très simple et très efficace et le montage et le démontage sont très rapides.

Communication de M. le commandant Renard sur **l'aéronautique à l'Exposition de 1900.**

Cette communication s'occupe des divers congrès d'aéronautique qui ont eu lieu pendant l'Exposition. Elle est illustrée par de très curieuses reproductions de photographies prises à vol d'oiseau dans Paris et les environs dans plusieurs ascensions.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Codron *(suite)*.

Cette seconde partie du très important travail de M. Codron s'occupe du tranchage des divers métaux à froid et à chaud.

Les États danubiens, par M. J. Mallat, professeur d'économie commerciale.

La Bibliographie industrielle, par M. J. Garçon.

Il s'agit d'une conférence faite à la Société d'Encouragement le 11 janvier dernier par notre Collègue M. J. Garçon. L'auteur y expose

avec de larges développements les services que peut rendre la bibliographie industrielle, la direction à suivre pour son établissement et les répertoires spéciaux concernant les industries chimiques. En parlant de la bibliographie industrielle, il fait une mention spéciale des publications officielles concernant les brevets d'invention et insiste avec raison sur l'extrême défectuosité du système français de publication. On sait qu'une ordonnance ministérielle récente prescrit la publication intégrale de brevets choisis et leur vente au public par brevet séparé. Il y a là une amélioration, mais elle est extrêmement incomplète.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes une étude de M. Bach sur l'influence des hautes températures sur la résistance et l'allongement du bronze, la description de l'enfourneur Wellmann et Seaver pour fours à réchauffer, de la poche de coulée de Weimer, des compresseurs Nordberg, de la machine soufflante de Hoerbiger avec clapets à double ouverture et une note sur les traces superficielles laissées par les outils dans le travail du sciage des métaux, par M. Vasseur.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3e TRIMESTRE DE 1900.

Barrages à encombrement et barrages en lit évasé, sans encombrement, par M. L. Vauthier, Ingénieur des Ponts et Chaussées en retraite.

Dans des expériences faites en 1847 à Roanne, les expérimentateurs, après avoir constaté que, dans un canal évasé, l'écoulement peut avoir lieu sous des formes caractérisées par un relèvement du niveau dans la partie évasée, ont eu l'idée de rechercher, en encombrant la portion évasée du lit, si on n'arriverait pas à empêcher ce relèvement de se produire. On y est parvenu.

En remplaçant l'encombrement par un simple barrage, on amoindrit le surélèvement du niveau mais on ne le supprime pas et le niveau prend à cet endroit une forme ondulée. Les expérimentateurs d'alors n'ont pas été plus loin et n'ont pas cherché à tirer de ces faits des conclusions pratiques pour l'établissement des barrages fixes en rivière et il est facile de comprendre qu'on n'ait pas repris la question, parce que les inconvénients graves des barrages fixes ont profondément discrédité ceux-ci au profit des barrages à aiguilles. Toutefois, ces derniers sont des appareils délicats et coûteux de construction et d'entretien et on conçoit que, si on pouvait simplement soustraire le barrage fixe à son inconvénient capital, qui est de relever le niveau des crues, on pourrait, dans beaucoup de cas, tirer un parti utile de cet appareil rustique et peu coûteux, qui peut être abandonné à lui-même sans exiger de manutentions ni de réparations. L'auteur a donc cru devoir reprendre l'étude des expériences de 1847.

De cette étude, dans le détail de laquelle nous ne pouvons entrer ici, M. Vauthier croit pouvoir conclure que si on compare les surélévations correspondant aux barrages en lit évasé sans encombrement et celles que détermine un barrage transversal en lit non évasé, on trouve que les premiers sont notablement moindres que les seconds, à hauteur égale des barrages. De plus, le surélèvement à donner aux berges est, dans le premier cas, rigoureusement circonscrit aux limites de l'évasement lui-même, tandis que dans le cas du lit non évasé, ce relèvement devrait s'étendre sur toute la longueur embrassée par le remous à l'amont, d'où un avantage considérable en faveur du lit évasé. Il se pourrait donc, d'après l'auteur, qu'un parallèle attentif, établi d'une part entre le barrage mobile moderne, accoutré de son mécanisme compliqué et de son personnel de manœuvre, et de l'autre l'ancien barrage fixe, rajeuni par une modification des plus simples, donnât dans bien des cas, à l'honneur de l'hydraulique rationnelle, l'avantage à ce dernier.

Note sur **les calculs de résistance d'une carcasse de porte d'écluse**, par M. Gustave Cadart, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur s'est proposé de montrer que le calcul séparé de chaque pièce de la carcasse d'une porte d'écluse n'est point si compliqué et si rebutant qu'on le dit quelquefois. Il a présenté les calculs successivement dans l'hypothèse où ces pièces seraient simplement appuyées les unes sur les autres et dans celles où elles seraient encastrées à leurs assemblages. Dans ce dernier cas, les entretoises sont soumises à des efforts très inférieurs à ceux qu'elles supportent lorsqu'elles ne sont pas encastrées.

Note sur un **nouveau type de pont suspendu rigide**, par M. Gisclard, chef de bataillon du génie, en retraite *(suite et fin)*.

Cette catégorie de pont appartient à la catégorie des systèmes indéformables et librement dilatables, c'est-à-dire des appareils de construction qui, bien que jouissant d'une invariabilité absolue de forme, au point de vue géométrique, sont néanmoins susceptibles de se dilater ou de se contracter librement lorsque les divers éléments rectilignes qui les composent varient eux-mêmes de longueur.

La disposition consiste en une sorte d'arc renversé, cet arc étant formé de deux câbles ou chaînes réunis par des entretoises articulées ; des points d'attache de ces entretoises sur la corde inférieure partent les tiges de suspension qui portent les poutrelles. Une conséquence de cet arrangement est que, quelle que soit la distribution des charges placées sur le tablier, les différents cordons qui forment les contours supérieurs et inférieurs de l'arc renversé sont constamment tendus.

Note sur **une machine à additionner**, par M. Fossa-Mancini, Ingénieur.

Une partie intéressante de cette machine au point de vue de la réali-

sation pratique, est la disposition qui a pour but de s'opposer, lorsqu'on fait manœuvrer l'appareil un peu vite, à ce que les forces d'inertie entraînent les pièces en mouvement au-delà de la position voulue et que les roues, au lieu d'avancer d'une dent, par exemple, avancent de plusieurs.

ANNALES DES MINES

12e livraison de 1900.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1898 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1899.

Le nombre total d'accidents survenus en 1899 à des appareils à vapeur s'élève à 50 ; ils ont causé la mort de 25 personnes et des blessures à 20 autres.

Au point de vue de l'espèce des appareils, on trouve 26 accidents pour les chaudières chauffées en tout ou partie à l'extérieur, dont 14 à des chaudières à tubes d'eau. Le nombre des morts a été de 13 et celui des blessés de 6 ; sur ce nombre, 7 tués et 3 blessés l'ont été par des chaudières à tubes d'eau.

18 accidents sont dus à des chaudières non chauffées à l'extérieur, 3 à des réchauffeurs et 3 à des récipients. Ces 24 accidents ont causé la mort de 12 personnes et des blessures à 14.

Au point de vue des causes des accidents, on trouve que 13 accidents peuvent être attibués à des conditions défectueuses d'établissement, 19 à des conditions défectueuses d'entretien, 26 à un mauvais emploi des appareils et 5 à des causes non positives. Dans un certain nombre de cas, l'accident a été porté comme attribuable à deux causes simultanées.

1re livraison de 1901.

Note sur **le bassin houiller de la Bouble**, par M. Anglès-Dauriac, Ingénieur des Mines.

Ce bassin s'étend sur une partie du Plateau central, entre Vendes et Decize. Bien que les affleurements en fussent connus de temps immémorial, ce n'est que dans ces dernières années qu'on a fait des recherches puissamment outillées. Une faible partie est exploitée, la houillère de Saint-Éloi et les résultats des recherches permettent de supposer que le faisceau de Saint-Eloi doit se poursuivre dans toute l'étendue du bassin, mais à des profondeurs et avec des discontinuités qui rendent exceptionnellement difficile la découverte de ce faisceau.

L'industrie minière de l'Australie Occidentale, par M. H. Kuss, Ingénieur en Chef des Mines.

Cette note s'occupe presque uniquement de la production de l'or et

renferme des renseignements statistiques très complets sur cette production.

Les assemblages dans la construction des chaudières à tubes d'eau, par M. C. Walckenaer, Ingénieur en Chef des Mines, Rapporteur de la Commission centrale des machines à vapeur.

L'objet de cette note est de passer en revue les diverses dispositions d'assemblage des chaudières à tubes d'eau et de rappeler les accidents qui les ont affectés, afin de faire profiter la sécurité des enseignements de l'expérience. Elle s'occupe d'ailleurs à peu près exclusivement des systèmes de générateurs dont l'emploi est le plus développé dans l'industrie française.

L'importance d'assurer une sécurité aussi complète que possible aux assemblages ressort suffisamment du fait que sur 12 morts par accidents de chaudières à petits éléments, 8 sont causés par accidents d'assemblages et 4 par rupture de tubes vaporisateurs et causes diverses. D'autre part, si on se reporte à la statistique des accidents de chaudières données dans les *Annales des Mines*, 12e livraison de 1900 (voir plus haut, page 637), on a constaté, en 1899, au passif des chaudières à petits éléments, 14 accidents, avec 7 morts et 3 blessés. La statistique de l'industrie minérale, publiée par le Ministère des Travaux Publics, indique qu'il y avait en 1899, en France, 3 404 chaudières à petits éléments, bateaux non compris.

Ce serait donc, pour 10 000 chaudières, 41 accidents avec 20,5 morts et 9 blessés, alors que les 102 600 autres chaudières existant en France la même année, n'ont donné lieu qu'à 36 accidents avec 18 morts et 17 blessés, soit, pour 10 000 chaudières, 3,5 accidents avec 1,7 morts et 1,6 blessés. On voit quel intérêt présente la question de dispositions assurant une sécurité sérieuse à ce genre de chaudières dont les avantages ne sont d'ailleurs pas contestables à divers points de vue.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1901.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 2 mars 1901.

Conférence de M. de Gennes sur **l'exploitation mécanique dans les houillères des États-Unis.**

Nous renverrons au sujet de cette conférence à ce que nous avons dit dans les Comptes rendus de Janvier 1901, p. 205.

Contribution à **l'étude du bassin houiller du Donetz**, par M. A. Fouret.

On estime à une centaine le nombre des couches qui composent le bassin du Donetz et on y trouve toute la gamme des combustibles, de-

puis l'anthracite jusqu'au lignite et, d'une manière générale, toutes les couches pouvant être utilisées pour les besoins des diverses industries. La note donne la composition d'un certain nombre de ces couches.

Installation de laminoir universel (d'après le *Stahl und Eisen).*

Ce laminoir, installé à Homestead (États-Unis), peut laminer des pièces de 0,508 à 1,22 *m* de largeur, 8 à 51 *mm* d'épaisseur et 45,75 *m* de longueur. On a pu laminer par mois plus de 10 000 *t* de tôles finies. Il y a six fours à réchauffer les lingots. Les soles de ces fours ont 2,59 × 11,05 *m*. Le laminoir est actionné par une machine réversible à deux cylindres, avec seize chaudières verticales à tubes d'eau.

Statistique de la production minérale en 1900 (d'aprés l'*Engineering and Mining Journal*).

On trouve ici des chiffres intéressants sur la production, en 1900, dans le monde entier, du cuivre, de l'or et argent, du fer et de l'acier et enfin du charbon. Nous nous bornerons à indiquer que les États-Unis ont produit approximativement 11 millions 1/2 de tonnes d'acier, l'Allemagne 6,8, la Grande-Bretagne 5,2 et la France 1,6. Les chiffres correspondants pour la fonte sont 14,1, — 8,4, — 14,2 et 2,7.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de janvier-février 1901.

Note sur **la nouvelle usine à gaz de Mulhouse,** par M. F. Kellner.

Par suite de la diminution du prix du gaz, à la suite d'un nouveau traité entre la ville et la Compagnie du gaz de Mulhouse, et la forte augmentation qui en est résultée pour la consommation, l'ancienne usine à gaz est devenue insuffisante pour les besoins et, comme elle ne pouvait être agrandie, on a dû en établir une nouvelle située près du nouveau bassin et le long du chemin de fer de Ceinture.

Le terrain acquis contient 13 *ha*. Le projet complet comprend quatre systèmes, dont un seul pour une production de 30 000 m^3 par jour, a été construit tout d'abord.

Le charbon, amené par voie ferrée, arrive sur une voie élevée sur piliers en fer aboutissant à un magasin de 90 × 20 *m* et pouvant contenir 4 000 m^3, soit 320 wagons. Le charbon est déversé des wagons dans le magasin, passe dans un concasseur et est transporté, par un élévateur à godets, dans un réservoir de 66 m^3 de capacité, lequel correspond à la consommation de vingt-quatre heures.

La halle des fours a 50 × 14 *m*; on y peut loger deux batteries de cinq fours générateurs à neuf cornues inclinées. Chaque four produit 3 000 m^3 de gaz par vingt-quatre heures.

Le chargement des cornues se fait automatiquement à l'arrière et le

coke en sort directement dans des wagonets circulant sur une voie aérienne en pente vers la cour; ils descendent donc par la gravité et se déchargent en se heurtant à un cliquet disposé à l'endroit où on veut entasser le coke; de là ils reviennent dans la salle des fours et sont hissés par un monte-charges sur la voie où ils étaient précédemment. Le coke est déchargé à proximité d'un casse-coke après lequel il est trié et chargé sur wagons ou sur voitures.

Pour la fabrication de 30 000 m^3 par vingt-quatre heures, on a disposé les appareils suivants : deux réfrigérants à air; deux condenseurs à eau à six étages; deux extracteurs rotatifs avec moteur à vapeur et condenseur Pelouse et Audoin; un scrubber, système Zschokke; un laveur Standard, actionné par un moteur à vapeur.

Après la salle des laveurs vient la salle d'épuration, qui contient trois cuves de $9 \times 10 \times 1,42$ *m*, dont les couvercles sont manœuvrés par un pont roulant. Le gaz passe ensuite dans un compteur de fabrication, de capacité correspondante à 30 000 m^3 par vingt-quatre heures et arrive au gazomètre télescopique de 15 000 m^3 de capacité utile. Le conduit d'entrée a 700 *mm* et le conduit de sortie 800, le tout à l'intérieur.

Le bâtiment des chaudières contient deux générateurs de 35 m^2 de surface de chauffe; les grilles sont du système Kudlicz. Il y a, de plus, deux moteurs à gaz de 8 *ch* chacun, dont l'un actionne une dynamo.

L'éclairage des salles se fait au gaz ou à l'électricité.

On peut signaler tout spécialement les installations pour bains et douches à l'usage des ouvriers ; des salles de ces installations servent de réfectoire pour les ouvriers qui disposent d'une cuisine avec réchauds à gaz pour chauffer ou cuire leurs aliments.

Les travaux de construction ont été terminés dans l'espace d'une année et la nouvelle usine a pu être mise en service le 27 janvier 1900.

L'installation définitive comprendra, comme on l'a indiqué plus haut, quatre systèmes produisant chacun 30 000 m^3 par vingt-quatre heures, soit une production totale de 120 000 m^3. La population de la ville de Mulhouse avec Dornach et les communes avoisinantes consommant du gaz peut être évaluée à 100 000 âmes.

Le prix du gaz est fixé par un tarif descendant par périodes allant de 1897, date du nouveau traité, à 1933, expiration de ce traité, de 8 à 6 1/2 Pf. pour la ville et de 16 à 13 Pf. pour les particuliers. Il s'agit ici de l'éclairage; pour le chauffage, la force motrice et même un but technique quelconque, il est accordé sur le prix du gaz un rabais d'au moins 15 0/0.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 13. — *30 mars 1901.*

Nouveaux appareils de levage mus par l'électricité.

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — La technique des courants à haute tension, par R.-M. Friese *(suite).*

L'utilisation du calorique dans les machines à vapeur, par W. Lynen *(suite).*

Groupe de Bavière. — Charpente métallique de la halle des machines de l'exposition de toutes les Russies, à Nijni Nowgorod. — Étude des clapets de pompes.

Groupe de Dresde. — Pratique de la conduite des chaudières. — Expériences sur la production de vapeur avec la Kaumazit (lignite).

Groupe de Magdebourg. — Le pont du Nord sur l'Elbe à Magdebourg.

Bibliographie. — Manuel des sciences de l'Ingénieur.

Revue. — Acier à outils pour travail à vitesse considérable. — Voies ferrées intérieures des ateliers et fabriques. — Bateaux sous-marins anglais.

N° 14. — *6 avril 1901.*

Le yacht à deux hélices *Prinzessin Victoria Luise.*

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Instruction des ingénieurs-mécaniciens et chimistes dans les écoles techniques supérieures en Russie, par M. Sserebroffsky et G. von Doepp.

Groupe de Carlsruhe. — La machine à vapeur au commencement du vingtième siècle.

Bibliographie. — Force et énergie. — Les dentures en développante et en cycloïde sous le rapport de la durée, par A. Ernst.

Revue. — Installation hydraulique de force de la Saint Lawrence Power Cy à Masséna. — Emploi du mica comme calorifuge. — Examen microscopique pour l'épreuve des aciers à outils. — Indicateur d'explosions pour moteurs à gaz et à pétrole.

N° 15. — *13 avril 1901.*

Ordre du jour et programme de la XLIIme réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Kiel, en 1901.

Installations américaines de machines, par C. Regenbogen.

Exposition universelle de 1900. — Machines pour la fabrication du papier par A. Pfarr *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — La technique des courants à haute tension, par R. M. Friese *(suite).*

Développement des chemins de fer prussiens.

Assemblée générale de l'Association des Maîtres de forges allemands, à Dusseldorf, le 24 mars 1901.

Bibliographie. — Calcul des régulateurs centrifuges, par J. Bartl.

Revue. — Ordonnances de police sur les récipients de vapeur. — La nouvelle fabrique de machines de E.-P. Allis et Co. — Les nouveaux

bâtiments de guerre de la marine des États-Unis. — Le quatrième pont sur l'East-River. — Statistique de l'administration impériale des patentes d'invention pour 1900. — Transmissions par courroies.

N° 16. — *20 avril 1901.*

Machine horizontale à triple expansion de 2000 à 2500 *ch*, par M. Schmidt.

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Nouveautés dans le domaine de la téléphonie, par H. Zopke.

Nouvelles installations de hauts fourneaux de la Lorain Steel C°, à Lorain, Ohio.

L'utilisation du calorique dans les machines à vapeur, par W. Lynen *(fin)*.

La véritable formule du choc, par J. Kübler.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Extension de l'emploi de la règle à calcul.

Revue. — Atelier pour la fabrication des ressorts au chemin de fer de Pensylvanie. — Machines à broyer le charbon.

Pour la Chronique et les Comptes rendus:
A. Mallet

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Exploitation technique des chemins de fer, par M. L. Galine, Inspecteur à la Compagnie des Chemins de fer du Nord (1).

Cet ouvrage que son auteur a bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société, concerne une branche très importante et en même temps assez peu connue de l'industrie des transports ; il est à remarquer en effet, qu'alors que les autres parties de cette industrie ont fait l'objet de traités nombreux et développés, la question de l'exploitation n'a donné lieu qu'à très peu d'études, et on est obligé de s'en référer à ce sujet à ce qui en est dit dans les traités généraux sur les chemins de fer, où on trouve naturellement très peu de développements. Aussi un ouvrage comme celui dont nous nous occupons ici ne peut-il manquer d'être bien accueilli étant donnés surtout le soin et le talent avec lesquels il a été rédigé.

L'ouvrage est divisé en quatre parties. La première traite des trains et des gares ; elle se subdivise en deux grandes classes suivant qu'il s'agit du service des voyageurs ou des marchandises. On y trouve largement développé tout ce qui concerne la composition des trains, la disposition, la construction et l'outillage des stations.

La seconde partie est consacrée à la question des signaux qui, comme on le sait, a pris une importance considérable depuis l'introduction de la concentration des leviers et des enclenchements. Cette question est traitée de la manière la plus complète.

La troisième partie s'occupe du mouvement des trains ; on y trouve traités avec les développements nécessaires les sujets de l'espacement des trains qui conduit à l'étude des divers systèmes de block, de l'annonce des trains et de leur mouvement sur voie unique, de la vitesse et du contrôle de celle-ci.

Enfin la quatrième partie porte sur l'organisation des divers services des chemins de fer, exploitation, matériel et traction, voie, et entre dans des détails complets sur le personnel, ses attributions, le service de dépôts, des stations, le service de la neige, le service des eaux, etc.

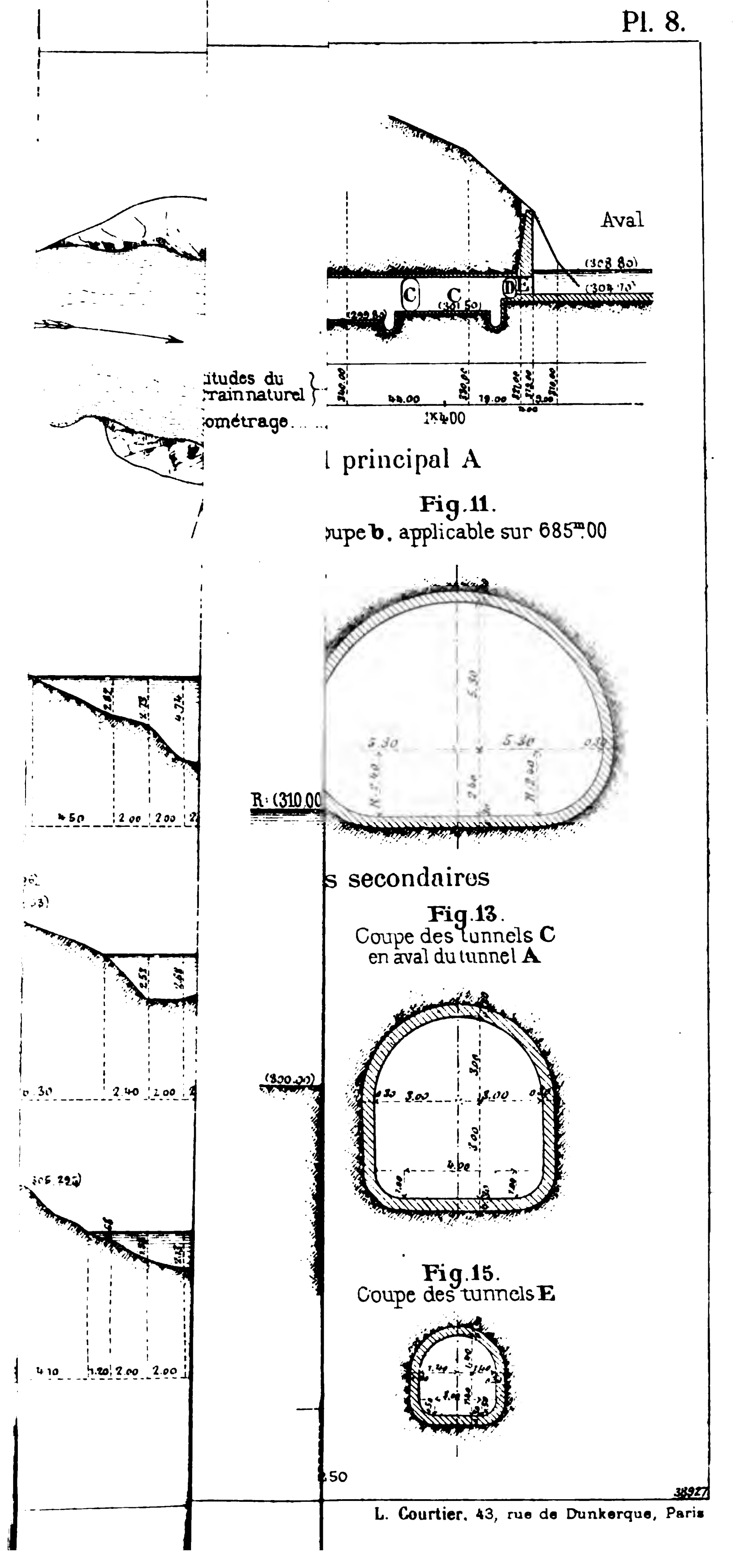
Nous recommandons cet ouvrage comme pouvant leur être de grande utilité à tous ceux de nos collègues qui s'intéressent à la question de l'exploitation technique des chemins de fer, de même qu'à ceux qui tiennent simplement à se faire une idée exacte de l'organisation de cette partie.

A. Mallet.

(1) In-8, 225 × 140, de x-704 p. avec 309 fig. Paris, Ve Ch. Dunod, 1901, prix br. 16 f.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 7438-4-01. — (Encre Lorilleux).



38927
L. Courtier. 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1901

Nº 5

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mai 1901, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Mémoires publiés par la Société nationale d'agriculture de France. Tome CXXXIX (in-8°, 235 × 140 de 560 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1901. 40860

Chimie.

BILLON (F.). — *Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle*, publiée sous la direction de M. F. Billon. *Le Bois*, 17e volume de la collection (in-16, 180 × 130 de 160 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 40822

BILLON (F.) et PERRET (A.). — *Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle*, publiée sous la direction de M. F. Billon. *Corps gras industriels*, par M. Auguste Perret, 20e volume de la collection (in-16, 180 × 130 de 160 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 40823

Boyer-Guillon et Hirsch (J.). — *Étude sur la solubilité du sulfate de chaux*, par M. Boyer-Guillon. *Introduction*, par J. Hirsch (Extrait des Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, 3e série. tome II). Paris, Gauthier-Villars (Don de l'auteur, M. de la S.). 40827

Construction des Machines.

Congrès international de Surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1900. 24e Congrès des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur (in-8°, 250 × 165, de XXXVIII-528 p. avec 2 pl.). Paris, E. Capiomont et Cie, 1901 (Don de M. Ch. Compère, Secrétaire général du Congrès, M. de la S.). 40909

Exposition collective des Associations françaises de Propriétaires d'appareils à vapeur (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 215 × 155 de 12 p.). Paris, E. Capiomont et Cie, 1900 (Don de M. Ch. Compère, Secrétaire général du Congrès, M. de la S.). 40910

La Mécanique à l'Exposition de 1900. 17e livraison, 6e dans l'ordre d'apparition. Les applications mécaniques de l'électricité, par M. P. Bunet (in-4°, 315 × 225, de 68 p. avec 76 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, mars 1901 (Don de l'éditeur). 40855

Éclairage.

Euchène (A.). — *Réaction thermique dans la distillation de la houille. Détermination des températures élevées* (Congrès international de l'Industrie du gaz à l'Exposition universelle de 1900, septembre 1900. Communication faite au nom de la Compagnie Parisienne du gaz, par M. Euchène) (in-8°, 240 × 155, de 185 p. avec 3 pl.). Paris, P. Mouillot, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40857

Économie politique et sociale.

Aupetit (A.). — *Essai sur la théorie générale de la Monnaie*, par Albert Aupetit (in-8°, 250 × 165, de 297 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1901 (Don des éditeurs). 40858

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Année 1901. N° 13 (in-8°, 240 × 160 de 244 p.). Paris, au siège de l'Association, 1901. 40861

Chambre de Commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire, 1900 (in-8°, 250 × 165 de 163 p.). Dunkerque, Imprimerie Dunkerquoise, 1901. 40830

Chambre de Commerce française de Portugal. Compte rendu annuel, 1898 (in-8°, 250 × 165 de 78 p.). Lille, L. Danel, 1900. 40913

Chambre de Commerce française de Portugal. Compte rendu annuel, 1899 (in-8°, 250 × 165 de 140 p.). Lille, L. Danel, 1901. 40914

Compagnie générale des Omnibus de Paris. Assemblée générale ordinaire de 1900. Rapports du Conseil d'Administration et de la Commission de comptabilité sur les comptes de l'exercice 1899 (in-4°, 310 × 235 de 37 p. avec 19 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1901. 40848

Compagnie générale des Omnibus de Paris. Assemblée générale ordinaire de 1901. Rapports du Conseil d'Administration et de la Commission de comptabilité sur les comptes de l'exercice 1900 (in-4°, 310 × 235 de 35 p. avec 19 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1901. 40833

Mamy (H.). — *Rapport sur le concours de gants protecteurs pour électriciens*, présenté au Conseil de Direction au nom de la Commission d'examen, par M. H. Mamy (Association des Industriels de France contre les accidents du travail) (in-8°, 240 × 160 de 11 p.). Paris, au siège de l'Association, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40832

Office national du Commerce extérieur, 3, rue Feydeau (2e arrond.). Exercice 1900. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'Administration par le Comité de Direction. Pièces annexes (République Française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 275 × 215 de 106 p.). Paris, Paul Dupont, 1901 (Don de M. L. Couvreur, M. de la S.). 40851

Électricité.

Montpellier (J.-A.), Bainville (A.) et Brochet (A.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 11e Fascicule. Sixième dans l'ordre d'apparition. Électrothermie*, par J.-A. Montpellier, A. Bainville et A. Brochet (in-4°, 320 × 225 de 63 p. avec 89 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, mars 1901 (Don de l'éditeur). 40828

Enseignement.

Massachusetts Institute of Technology, Boston. Thirty sixth Annual Catalogue of the Officers and Students with a Statement of the Courses of Instruction and a Register of the Alumni, 1900-1901 (in-8°, 225 × 145 de 389 p.). Boston, Rockwell and Churchill Press, 1901. 40825

Massachusetts Institute of Technology. Annual Report of the President and Treasurer, December 12, 1900 (in-8°, 225 × 145 de 70 p.). Boston, Rockwell and Churchill Press, 1901. 40826

Législation.

Förteckning ofver Svenska teknologföreningens. Ledamöter. April 1901 (in-8°, 205 × 135 de 74 p.). Stockholm, 1901. 40874

Pesce (G.-L.). — *De l'exploitation intensive des Créations intellectuelles.* Communication faite au Congrès international d'Inventeurs, le 13 septembre 1900, par G.-L. Pesce (Extrait de la Revue Scientifique du 27 octobre 1900) (in-4°, 270 × 205 de 7 p.). Paris, Bureau des Deux-Revues, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40912

Société des Agriculteurs de France. Liste générale des Membres et des Associations affiliées à la Société, par ordre alphabétique et par départements arrêtée au 15 mars 1901 (in-8°, 245 × 160 de 324 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1901. 40872

Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 23 février 1901 (in-8°, 215 × 135 de 508 p. avec 1 pl.). Paris, 6, rue Chauchat, 1901. 40856

Société des Ingénieurs civils de France. Annuaire de 1901. 54e année (in-8°, 240 × 155 de 472 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1901. 40847

Société internationale des Électriciens. Annuaire pour 1901 (in-8°, 270 × 180 de 99 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1901. 40873

Výročni zpráva Spolku architektův a inženýru v království Českem za rok 1900 podana XXXVI výrocni valné hromadě dne 28 dubna 1901 (in-8°, 225 × 130 de 65 p.). V. Praze, 1901. 40831

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

China. Imperial Maritime Customs. III Miscellaneous Series : No 6. List of the Chinese Lighthouses, light-vessels, buoys, and beacons for 1901 (Corrected to 1 st. December 1900). Twenty-ninth Issue. Published by order of the Inspector General of Customs (in-4°, 280 × 220 de 54 p. avec 8 pl.). Sanghaï, 1901. 40859

VIIIe Congrès international de Navigation. Paris, 1900. Compte rendu des travaux du Congrès (in-8°, 280 × 185 de v-687 p.). Paris, Lahure, 1901 (Don de M. G. Pavie, Secrétaire général du Congrès). 40908

Ch. Lallemand. — *Le Médimarémètre. Nouvel appareil pour la détermination du niveau moyen de la mer*, par M. Ch. Lallemand (Extrait de la Rivista di Topografia e Catasto. N. 1 juillet 1896) (in-8°, 265 × 185 de 13 p.). Turin, Vincent Bona, 1896 (Don de l'auteur). 40867

Société anonyme du Canal et des Installations maritimes de Bruxelles. Quatrième Exercice social, 1900. Rapport présenté par le Conseil d'administration (in-4°, 285 × 225 de 44 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1901. 40824

Routes.

Goulier (C.-M.) et Lallemand (Ch.). — *Études sur les méthodes et les instruments de précision*, par C.-M. Goulier, revues annotées et accompagnées d'une *Étude sur les variations de longueur des mires d'après les expériences du colonel Goulier*, par Charles Lallemand (Ministère des Travaux publics. Commission du nivellement général de la France) (in-4°, 285 × 225 de xxxiv-249 p. avec 8 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1898 (Don de M. Ch. Lallemand). 40869

LALLEMAND (CH.). — *Le nivellement général de la France*, par M. Charles Lallemand (Extrait des Annales des Mines. Livraison de septembre 1899) (in-8°, 255 × 165 de 84 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'auteur). 40868

Sciences mathématiques.

Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens insbesondere aus den Laboratorien der technischen Hoschulen, herausgegeben vom Vereine deutscher Ingenieure. *Heft 1* (in-8°, 270 × 195 de 75 p.). Berlin, Julius Springer, 1901 (Don de la Vereine deutscher Ingenieure). 40834

Sciences morales. — Divers.

ALLARD (L.-E.). — *Réforme de la Constitution. République et Sénat*, par L.-Ernest Allard (in-8°, 240 × 155 de 16 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1901 (Don de l'auteur). 40849

Technologie générale.

Atti del Real Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, 5a serie. Volume II (in-4°, 320 × 240). Napoli, 1901. 40911

Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Anno XXXIV, 1900. N° 40 della Serie completa degli Atti (in-4°, 345 × 245 de 95 p. avec 1 pl.). Torino, Bertolero, 1900. 40820

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso 1899. 2e partie 285 517 à 286 373* (in-8°, 250 × 155). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40829

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso, 1899, 3e partie 286 374 à 287 170* (in-8°, 245 × 155). Paris, Imprimerie nationale, 1901. 40876

Documents sur l'Exposition Pan-Americaine Buffalo, du 1er mai au 1er novembre 1901 (8 pièces et 23 feuilles de journaux). 40877 à 40907

GADOT (AD.). — *Les Unités de la force*, par Adolphe Gadot (in-8°, 250 × 165 de 62 p.). Paris, Ducrocq (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 40852

GADOT (AD.). — *Les Unités de la force décimales déterminées dans la nature de manière expérimentale physique. Introduction. La vérité sur le mètre, 1er fascicule* (in-8° 250 × 165 de XXXII p.). — *Théorie, Principal de la découverte. La numération naturelle. La coudée sacrée. Résumé des 3e, 4e et 5e fascicules* (in-8°, 250 × 165 de 20 p.). Paris, Ducrocq (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 40853 et 40854

NANSOUTY (M. DE). — *L'Année industrielle. Découvertes scientifiques et Inventions nouvelles en 1900*, par Max de Nansouty (in-16, 205 × 140 de 266 p. avec illustrations). Paris, F. Juven (Don de l'auteur, M. de la S.). 40850

Revue technique de l'Exposition universelle de 1900, par un Comité d'Ingénieurs, d'Architectes, de Professeurs et de Constructeurs. Directeur, Ch. Jacomet. Secrétaire de la Rédaction, Michel Svilokossitch. *Première partie. Architecture et Construction. Tome I, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 71 p.). *Tome II, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 128 p.). *Tome II, 2e fascicule* (in-8°, 280 × 190 pages 129 à 224, avec atlas 380 × 280 de 28 pl.). — *Troisième partie. Électricité. Tome I, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 112 p. avec atlas 380 × 280 de 21 pl.). — *Quatrième partie. Génie civil. Tome I, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 160 p.). *Tome I, 2e fascicule* (in-8°, 200 × 190, pages 161 à 343, avec atlas 300 × 280 de 13 pl.). — *Huitième partie. Industries textiles* (in-8°, 280 × 190 de 224 p. avec atlas 380 × 280 de 7 pl.). — *Dixième partie. Armées de terre et de mer. 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 100 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900, 1901 (Don de l'éditeur). 40835 à 40846

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie. Mémoires et Documents. 7e série. 10e année. 4e trimestre 1900 (in-8°, 230 × 140 de 400 p., avec pl. 23 à 27). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900. 40821

Pont projeté sur la Garonne aux Amidonniers. Programme du concours. Plan général. Profil en long. Coupe transversale. Conditions générales imposées aux entrepreneurs de la commune de Toulouse (5 pièces 310 × 210) (République Française. Mairie de Toulouse. Deuxième bureau). 40862 à 40866

TURNEAURE (F.-E.), RUSSELL (H.-L.) AND MEAD (D.-W.). — *Public Water Supplies, Requirements, Resources, and the Construction of Works*, by F.-E. Turneaure and H.-L. Russell, with a chapter on *Pumping Machinery*, by D.-W. Mead (in-8°, 235 × 145 de XIV-746 p. avec 231 fig.). New-York, John Wiley and Sons, 1901, First Edition. First Thousand. 40875

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1901 sont :

Comme Membres sociétaires, MM.

H.	André,	présenté par MM.	Mesureur, Limousin, Ravel.
L.-W.	Breuer,	—	Carimantrand, Clamens, Mallet.
R.-N.-Z.	Caillette,	—	Bocquet, Fraix, Montel.
G.	Charpy,	—	Baudry, Salomon, G. Collin.
E.-E.-A.	Damerose,	—	Henry, Lavergne, Morin.
M.-L.	Dumuis,	—	Salomon, Beneyton, de Dax.
L.	Escande,	—	Buquet, Arbel, P. Escande.
B.-A.	Navarre,	—	Giraud, Lindeboom, Pereire.
M.	Pierron,	—	Aubert, Périssé, Serre.
G.-J.-A.	Pradel,	—	Benac, Mamy, Simon.
C.	Sassin,	—	Avisse, Bassères, Casalonga.
G.	Schumacher,	—	Carimantrand, Clamens, Mallet.
X.	Wehrlé,	—	Jouffret, Seguin, Vernaudon.

Comme Membres associés, MM.

L.	Balin,	présenté par MM.	Bisson, Pluyaud, Virey.
P.	Desmarais,	—	Avisse, Hillairet, Natanson.
E.-P.	Gensse,	—	Dardenne, Lavergne, Morin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1901

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 MAI 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. le Président s'excuse d'avoir été empêché, par son absence de Paris, de présider les deux séances d'avril. Ce qui atténue ses regrets, c'est la pensée que la Société a trouvé ainsi l'occasion de faire plus ample connaissance avec les deux distingués vice-présidents qui ont bien voulu le remplacer.

M. le Président fait donner lecture d'une correspondance échangée entre M. Niclausse et M. de Chasseloup-Laubat à l'occasion du procès-verbal de la séance du 12 avril dernier.

Dans sa très intéressante communication de cette séance, M. de Chasseloup-Laubat, parlant d'expériences sur la vaporisation dans les différentes rangées de tubes d'une chaudière genre Niclausse, avait fait certaines réserves sur les conséquences à en tirer. « Par la nature même » de l'expérience, disait-il, le régime de circulation ne peut pas être le » même pour l'appareil d'essai, où chaque rangée de tubes a une alimen- » tation et une évacuation de vapeur séparées, que pour la chaudière » Niclausse du modèle courant, où toutes les rangées de tubes n'ont » qu'une seule amenée d'eau et qu'un seul débouché de vapeur. »

M. Niclausse avait vu dans cette appréciation une critique du mode d'organisation des expériences. Or il résulte de la correspondance dont il va être donné lecture que M. de Chasseloup-Laubat n'a pas voulu dire qu'il fût possible de régler l'expérience en se rapprochant davantage des conditions de fonctionnement normal des chaudières en question; mais la différence qu'on a été obligé d'adopter justifie amplement ses réserves sur les conséquences à tirer des expériences.

Il est donné lecture de ces lettres.

Monsieur L. de Chasseloup-Laubat.

Paris, le 18 avril 1901.

« MONSIEUR ET CHER COLLÈGUE,

» Nous vous demandons la permission de vous soumettre quelques observations au sujet du procès-verbal du 22 avril de la Société des Ingénieurs Civils.

» On vous a fait dire, en effet :

« Il faut pourtant dire, ainsi que l'a fait remarquer M. Turgan lors » de la discussion, que, par la nature même de l'expérience, le régime » de circulation ne peut pas être exactement le même pour l'appareil » d'essai, où chaque rangée de tubes a une alimentation et une évacua- » tion de vapeur séparées, que pour la chaudière Niclausse du modèle » courant, où toutes les rangées de tubes n'ont qu'une seule amenée » d'eau et qu'un seul débouché de vapeur. »

» Ce que M. Turgan a voulu dire, ainsi qu'il ressort nettement du texte même de la discussion annexée au volume qui vient de paraître, à la page LIV, c'est que « le fonctionnement de la chaudière d'essai devait » être certainement meilleur que le fonctionnement des générateurs » considérés dans leur ensemble ».

» Il nous semble qu'il serait bon de mentionner la réponse qui a été faite immédiatement par M. Dugé de Bernonville, notre Ingénieur en chef, actuellement absent, à savoir que :

« 1° Il était impossible de faire un appareil d'essai se rapprochant » davantage du type ordinaire, et que *d'ailleurs les expériences de Watt* » *avaient été faites identiquement dans les mêmes conditions;*

» 2° Qu'au surplus on a une preuve évidente de la créance qu'on peut » accorder aux résultats des essais si on prend la peine de totaliser les » vaporisations des différents étages. On obtient ainsi la *vaporisation* » *totale* du générateur d'essai, qui est exactement comparable à celle d'un » générateur ordinaire, obtenue dans les expériences répétées, précises » et contrôlées (cette totalisation n'avait pas été faite dans le mémoire, » qui avait pour but non pas d'exposer ce que peut vaporiser une chau- » dière Niclausse, mais *ce que vaporise proportionnellement chaque étage* » *d'une chaudière multitubulaire).* »

» Le procès-verbal semble indiquer que votre opinion, comme celle exprimée par M. Turgan au cours de la discussion, est que la valeur des expériences est infirmée par les dispositions prises.

» Nous serions très heureux qu'il vous semblât, comme à nous, de quelque utilité de compléter ce procès-verbal par les deux observations ci-dessus, qui montrent qu'il n'en est rien.

» Veuillez agréer, etc. » J.-A. NICLAUSSE. »

A cette lettre M. de Chasseloup-Laubat a fait la réponse suivante :

« 1° Il est exact que l'appareil construit par M. Watt se rapprochait beaucoup de celui de M. Dugé de Bernonville, avec cette différence que le premier représentait une chaudière du genre d'Allest ou Babcock, tandis que le second est la reproduction d'un générateur Niclausse.

» Mais ces deux appareils d'essai ont la même caractéristique commune d'avoir pour chaque rangée de tubes une alimentation d'eau distincte et un collecteur de vapeur distinct.

» Il est en effet évident que, pour mesurer directement les poids d'eau vaporisés pendant le même temps par chaque rangée de tubes, on est bien obligé d'avoir recours à ce dispositif. J'ajouterai que je me suis personnellement beaucoup occupé de cette question, et que je suis arrivé à des résultats comparables à ceux de MM. Watt et Dugé de Bernonville, avec des petits modèles établis sur des données analogues.

» Mais l'impossibilité où l'on est de construire un appareil d'essai ayant les mêmes caractéristiques que l'appareil ordinaire correspondant ne prouve point que l'on puisse accorder une absolue confiance aux résultats des expériences faites dans ces conditions.

» L'impossibilité de faire une expérience rigoureusement exacte n'a rien à voir avec la correction qu'il faudrait faire subir à une expérience inexacte *a priori* afin de pouvoir en déduire des résultats conformes à la réalité.

» J'ajouterai que j'ignore quelle peut être l'erreur relative entre les chiffres que donne l'appareil d'expérience et les chiffres que fournirait la chaudière ordinaire s'il était possible de les connaître : je ne hasarderai à ce sujet aucune *opinion*, bien que mon *impression* soit que cette erreur relative n'est pas très considérable.

» 2° La chaudière normale, où toutes les rangées de tubes vaporisateurs débouchent les uns au-dessous des autres dans une même boîte collective verticale, n'a pas forcément le même régime de circulation que l'appareil d'essai où chaque rangée de tubes débouche dans un collecteur spécial.

» Dans la première, la vaporisation d'une rangée de tubes agit sur le régime circulatoire des autres rangées ; dans le second, la vapeur produite par une rangée de tubes détermine exclusivement la circulation à travers cette rangée, et n'exerce aucune action sur le régime circulatoire des autres rangées de tubes.

» Dans la première, il peut se produire — ce qui, au contraire, ne peut jamais arriver dans le second — le phénomène que, par analogie avec ce qui se passe en électricité, j'ai dénommé court-circuit : c'est l'influence perturbatrice qu'à un moment donné la circulation dans un tube produit sur la circulation des tubes voisins. Sans doute on peut penser que cet inconvénient n'est point très considérable en pratique dans une chaudière où les sections de la descente d'eau et de la montée d'eau et de vapeur sont aussi bien étudiées que dans la chaudière Niclausse. Mais, quoi qu'il en soit, les remarques ci-dessus suffisent à montrer les différences fondamentales qui existent ou peuvent exister à un moment donné entre le régime de circulation de deux chaudières dont l'une n'a qu'une boîte collective verticale unique, et dont l'autre possède un collecteur vertical par rangée de tubes.

» En résumé, même si l'on se refuse à admettre les différences qui, selon moi, peuvent toujours exister à un moment donné, rien ne permet d'affirmer que deux appareils de constructions aussi différentes aient le même régime de circulation et de vaporisation.

» 3° La concordance entre le total des vaporisations des diverses rangées de tubes du générateur d'essai avec la vaporisation totale d'un générateur ordinaire de mêmes dimensions ne prouve pas que les vaporisations des rangées de tubes correspondantes soient les mêmes dans les deux cas.

» Lorsque deux sommes composées d'un même nombre de termes sont égales entre elles, rien ne prouve que les termes soient égaux deux à deux.

» Si l'on représente par n le nombre des rangées de tubes de chacune des deux chaudières; si l'on désigne par x_1, $x_2 \ldots$, x_{n-1}, x_n, les poids d'eau inconnus vaporisés par les différentes rangées de tubes du générateur ordinaire pendant l'unité de temps; si l'on représente par p_1, $p_2 \ldots$ p_{n-1}, p_n, les poids d'eau que l'expérience montre avoir été vaporisée pendant l'unité de temps par les rangées de tubes du générateur d'essai, la seule relation que donnent les expériences de M. Dugé de Bernonville est la suivante :

$$x_1 + x_2 + \ldots x_{n-1} + x_n = p_1 + p_2 + p_{n-1} + p_n.$$

» Or j'avoue ne pas comprendre comment cette équation unique permet de déterminer les n inconnues et de conclure à l'existence des n équations suivantes :

$$\begin{aligned} x_1 &= p_1, \\ x_2 &= p_2 \ldots, \\ &\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots \\ x_{n-1} &= p_{n-1}, \\ x_n &= p_n. \end{aligned}$$

» Par conséquent, j'ai le droit d'affirmer que les expériences de M. Dugé de Bernonville ne permettent pas de déterminer les n inconnues en question, c'est-à-dire les diverses rangées de tubes d'un générateur ordinaire.

» J'ajouterai pourtant que mon impression est que x_1 est peu différent de p_1, x_2, de $p_2 \ldots$, x_{n-1}, de p_{n-1}, x_n de p_n.

» 4° En résumé, j'estime que, si les expériences de M. Dugé de Bernonville donnent des indications générales intéressantes, les différences qui existent entre le principe même de l'appareil d'essai et des chaudières ordinaires font qu'à mon sens les résultats ne peuvent pas être admis sans restriction.

» Mon *impression*, est que les erreurs commises sont faibles sans qu'il me soit pourtant possible d'en fixer, même approximativement, la valeur relative.

» L. DE CHASSELOUP-LAUBAT. »

« Paris, le 26 avril 1901.

» *Monsieur de Chasseloup-Laubat.*

» MONSIEUR,

» M. Niclausse me communique la note qu'il avait cru devoir vous

adresser pendant mon absence, et la réponse que vous lui avez fait parvenir.

» J'ai lu, avec beaucoup d'intérêt, les observations que vous avez bien voulu communiquer.

» Comme vous le verrez dans la Note ci-dessous, je suis parfaitement d'accord avec vous, en principe, sur les objections qu'on peut faire naturellement à ces expériences, comme à toutes les expériences, et je crois que vous n'êtes pas beaucoup plus éloigné que moi de croire qu'on peut ajouter créance dans une très large mesure aux résultats obtenus.

» Veuillez agréer, etc.

» DUGÉ DE BERNONVILLE. »

Note.

« Paris, le 25 avril 1901.

» M. de Chasseloup-Laubat est bien d'accord pour reconnaître qu'il était impossible d'établir un appareil qui se rapprochât davantage des appareils ordinaires, et je suis parfaitement d'accord avec lui, d'autre part, sur ce point que « *l'impossibilité où l'on est de construire un appareil* » *d'essai ayant les mêmes caractéristiques que l'appareil ordinaire corres-* » *pondant ne prouve point que l'on puisse accorder une absolue confiance* » *aux résultats des expériences faites dans ces conditions. L'impossibilité de* » *faire une expérience rigoureusement exacte n'a rien à voir avec la cor-* » *rection qu'il faudrait faire subir à une expérience inexacte* à priori *afin* » *de pouvoir en déduire des résultats conformes à la réalité.* »

» Je n'ai jamais voulu dire rien de pareil; j'ai dit, au contraire: « *Ceci* » *dit, dans ce cas comme dans tous ceux où, pour faire des expériences, on* » *a dû nécessairement s'écarter un peu des dispositions habituelles d'un* » *appareil, il s'agit de vérifier si les résultats obtenus méritent créance* ».

» Il est parfaitement juste de supposer que le régime circulatoire des diverses rangées de tubes n'est pas le même si l'arrivée d'eau et le départ de vapeur se font dans des tuyaux indépendants ou dans un unique grand tuyau (ou collecteur).

» J'avais cherché à rendre les choses aussi comparables que possible en adoptant des diamètres de tuyaux tels que les pertes de charges dues au frottement compensent dans une mesure approximative les plus grandes facilités d'arrivée d'eau et de départ de vapeur résultant de l'indépendance de chaque étage.

» C'était la seule précaution à prendre à mon avis. Elle a été prise.

» Le résultat obtenu se contrôle, comme je l'ai déjà dit, dans une large mesure, par ce fait que la vaporisation totale de la chaudière devait être strictement comparable à celle d'une chaudière ordinaire.

» Il est de toute évidence que M. de Chasseloup-Laubat a parfaitement raison de dire que ceci ne prouve pas que les chiffres élémentaires des deux sommes soient identiques.

» Cependant, ceci est très vraisemblable si on remarque que les expériences concordent assez bien avec celles de M. Watt et de M. de Chasseloup-Laubat lui-même, d'une part, et, d'autre part, avec les calculs de M. Brillié. »

M. le Président dit qu'à l'occasion du procès-verbal de la séance du 19 avril il a reçu de nos Collègues MM. Carbonel et F.-J. Pillet les lettres dont il va être donné lecture.

« Paris, le 1er mai 1901.

» Monsieur le Président,

» En attendant qu'il soit possible et opportun de présenter à la Société des Ingénieurs civils une nouvelle communication sur *les Forces motrices du Haut Rhône*, veuillez me permettre de vous soumettre deux observations de fait touchant la dernière conférence de M. Garcia.

» La Société de Bellegarde, de son vrai nom *Société Française des Forces hydrauliques du Rhône*, est tout autre que l'ancienne Société anglaise renforcée par l'adjonction d'un groupe suisse, puisque c'est à un groupe de personnalités françaises bien connues qu'appartient la présidence et la majorité de son Conseil d'administration.

» Cette Société française, qui a notablement agrandi et perfectionné les installations de l'ancienne Société anglaise, ne songe nullement à établir 50 000 *ch* à l'emplacement de l'usine actuelle. Pour cela elle dispose d'un terrain beaucoup mieux approprié.

» Veuillez agréer, etc.

» E. Carbonel. »

« Paris, le 3 mai 1901.

» Monsieur le Président,

« Je lis, dans le procès-verbal du 19 avril 1901, quelques observations présentées à la suite de la communication de M. P. Besson, sur les nouveaux métaux étudiés par M. et Mme Curie.

» Il ne m'est malheureusement pas possible d'assister aux séances de la Société; aussi suis-je obligé de présenter par lettre quelques remarques, qui me semblent nécessaires, et qui viennent à l'appui des remarques faites par MM. Commelin, Casalonga et Hubou.

» Dans un travail soumis à la Société et déposé à l'Académie des Sciences, le 31 janvier 1898, j'arrivais à cette conclusion que les découvertes récentes concernant les nouvelles manifestations des vibrations moléculaires conduisent nécessairement à voir une cause unique provoquant tous les phénomènes physiques ou chimiques sans aucune exception. Les constatations faites par M. Becquerel, M. et Mme Curie, sont la confirmation étrangement expressive de la conclusion à laquelle j'étais conduit dès cette époque.

» Je ne puis développer la chose ici, ce qui ne serait pas à sa place je voudrais toutefois attirer l'attention des chercheurs sur deux points plus particulièrement intéressants.

» I. — Dans toute étude d'un phénomène électro-lumineux, nos observations sont essentiellement basées sur la vision des effluves diversement colorés que nous observons : c'est en raison de cela que nous allons créer une explication théorique. Comme je le disais à l'origine de l'étude citée plus haut (sur la vision), nous observons ces effluves par l'intermédiaire de l'œil d'abord, du travail cérébral ensuite; le mécanisme du sens de la vue est extrêmement curieux, assez complexe, et j'ajouterai mal connu.

» Nous nous trouvons un peu dans le cas d'un astronome qui se servirait d'une lunette dont il ignorerait et la théorie et la construction : ses observations se trouveront faussées par des illusions visuelles et, dans ce cas, il ne pourra tenir compte de certaines corrections à faire. Donc pour tirer une conclusion logique des faits lumineux observés par l'intermédiaire de notre organe d'exploration, c'est-à-dire de notre œil, il nous faudra bien connaitre son mécanisme, tout comme un astronome et un géodésien doivent connaitre le mécanisme de leur lunette, un photographe le mécanisme de son appareil.

» Nous pourrions toutefois nous dégager des influences cérébrales, qui jouent un si grand rôle dans la sensation visuelle et créent, comme je l'ai montré, toutes nos illusions sur les formes, le mouvement, le relief ou les couleurs : ce serait de recourir à une rétine artificielle, toute matérielle; celle-ci est trouvée et l'on s'en sert avec avantage, c'est la plaque photographique qui enregistrera, fidèlement et sans illusion, l'effluve. J'ai en effet montré, ce qui nous autorise à opérer ainsi, qu'il est facile d'identifier la rétine humaine avec la plaque photographique des expériences de M. Lippmann, et c'est ainsi que j'ai pu, le premier peut-être, expliquer de façon fort simple comment nous sentons les couleurs.

» La conséquence intéressante demeure celle-ci : quels que soient les phénomènes observés, nous ne les différencions en son, chaleur, lumière, en rayons ordinaires, uraniques, noirs, radio-actifs, cathodiques, odiques, etc., tout simplement que parce que nous sentons ces ondulations de fréquence déterminée par un organe sensitif différent : j'estime que nous ne sommes pas en droit de conclure que la différence existe réellement dans la nature : et ces classifications de rayons me semblent des plus problématiques.

» II. — Je voudrais aussi attirer l'attention de plusieurs de mes Collègues s'occupant de ces questions, possédant soit un atelier, soit un laboratoire, sur une expérience ancienne, rapportée ainsi dans le mémoire dont je par le plus haut, et qui établit bien que les rayons dits Rœntgen, c'est-à-dire la *vision de l'invisible*, remontent assez loin.

» En effet, l'expérience dont je parle est due au physicien anglais Hawkbée; elle fut effectué en 1708. L'abbé Nollet, le célèbre professeur de physique de Paris, la donne avec de méticuleux détails (1).

» Si l'on songe au vide imparfait que l'on pouvait réaliser à cette époque, on comprendra qu'il y aurait grand intérêt à recommencer une expérience (que je n'ai pu faire jusqu'à présent, car je projetai toujours de la répéter en séance), en utilisant les puissantes machines pneumatiques dont nous disposons aujourd'hui.

» Je donne ci-après le texte même de l'abbé Nollet.

« *Un globe de verre, enduit de cire d'Espagne par dedans, et que l'on* » *frotte après l'avoir purgé d'air, devient lumineux intérieurement comme* » *dans le septième fait; mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est qu'en* » *regardant par l'un des pôles (que l'on a le soin de ne pas enduire comme* » *le reste) on aperçoit la main et les doigts de celui qui frotte, nonobstant* » *l'opacité naturelle de la cire d'Espagne.* »

(1) *Leçons de physique expérimentale*, par l'abbé Nollet, Paris, 1764. Tome IV.

CORRECTIONS ET ADDITIONS

A L'ANNUAIRE DE 1901

A ajouter :

Membres correspondants de l'étranger.

Page 99.

Brésil . . . Duprat, **Auguste**, ✠, ✠, ✠, direct. gén. du ch. de fer Southern Brazilian Rio Grande do Sul, à Rio Grande do Sul.

A remplacer :

Page 152.

1880 *S.* **Cerbelaud,** Georges-Léonard, etc., rue Alfred-Stevens, 9, *par :* passage de l'Élysée-des-Beaux-Arts, 23, à Paris.

A ajouter :

Page 184.

1897 *A.* **Drin,** Georges, manuf., rue de l'Industrie, 16, à Courbevoie (Seine).

A ajouter :

Page 190.

1897 *S.* **Duprat,** Auguste, etc., membre correspondant de la Société à Rio Grande do Sul.

Page 206.

1900 *S.* **Frondière,** André, fabric. de coffres-forts ; bureaux : boulevard Poissonnière, 26 ; domicile : rue Louis-David, 13, à Paris.

A supprimer :

Page 233.

1901. *S.* **Iung,** André-Charles, etc. *(reporté page 238, à la lettre J).*

A ajouter :

Page 238.

1901 *S.* **Jung,** André-Charles, ing. chargé du matériel à la S[té] cotonnière russo-française, à Pavlovski-Possad (gouvernement de Moscou) (Russie).

A remplacer :

Page 256.

1900 *S.* **Lemoine,** Léopold-Joseph, etc., *par :*

1900 *S.* **Lemoniez,** Léopold-Joseph, etc.

A remplacer :

Page 330.

1894 *S.* *Simon, Eugène-François, ing. en chef, etc.*, par :

1894 *S.* **Simon,** Eugène-François, ing. en chef de la constr. de la ligne de Sofia-Roman, à Sofia (Bulgarie).

Page 352.

1891 *S.* **Wehrlin,** Charles-Édouard, ❋, a été administr. de la C[ie] française des métaux, etc., *par :* administr. de la C[ie] française des métaux, des Indienneries françaises; anc. administr. délégué de la C[ie] des moteurs Niel, avenue des Ternes, 88, à Paris.

A ajouter :

Page 365 (1[re] colonne).

FRONDIÈRE (André).

Page 409.

BULGARIE . . . . . . **Sofia** . . . . SIMON, Eugène-François.

A remplacer :

Page 411.

ESPAGNE . . . . . . **Madrid** . . . . LEMOINE, Léopold-Joseph, *par :*
LEMONIEZ, Léopold-Joseph.

Page 417.

RUSSIE . . . . **Pavlovski-Possad** . . IUNG, André-Charles, *par :*
JUNG, André-Charles

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 12408-6-01. — (Encre Lorilleux).

» Puis l'auteur donne une explication curieuse du fait, que nous pourrions fort bien reprendre aujourd'hui.

» Je dois ajouter que l'ampoule creuse, garnie à moitié, intérieurement, de cire d'Espagne, sorte de ballon de verre, est montée sur un axe horizontal et mise en rotation. C'est, en réalité, une machine statique comme celles que l'on établissait à cette époque.

» Ainsi cette machine statique produisait, à elle seule, ce que donne aujourd'hui l'ampoule focus éclairée par un courant alterné ou ondulatoire adjointe à un écran de platinocyanure de baryum.

» Mais la machine statique n'est pas autre chose qu'un alternateur de très haute fréquence; elle devait, par suite, donner des phénomènes analogues à ceux présentés par les expériences de Rœntgen.

» Je dirai que si les rayons X remontent expérimentalement jusqu'en 1708, ils remontent plus haut encore, puisque naturellement les brûlures fulgurantes produites par la foudre sont les analogues des brûlures produites après une trop longue exposition à l'ampoule focus.

» Veuillez agréer, etc.

» J.-F. Pillet,
» *ancien Ingénieur aux ateliers E. Ducretet.* »

Sans contester l'intérêt des renseignements rétrospectifs donnés par M. Pillet, M. le Président croit utile de rappeler que ces exhumations d'anciennes observations, qu'on n'a pas su interpréter à l'époque, et dont il n'a été tiré alors aucune conséquence, n'ôtent rien au mérite des inventeurs modernes qui, observant des faits analogues, ont su les classer et les interpréter de manière à constituer un corps de doctrine et à en tirer des conséquences pratiques.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès des Collègues dont les noms suivent :

M. A.-L. Deghilage, Membre de la Société depuis 1878. M. Deghilage avait suivi les cours de l'École des Ponts et Chaussées de 1858 à 1860. Il était sous-directeur au Ministère des Finances et Officier de la Légion d'honneur. Passionné pour les locomotives et très compétent à leur sujet, il a publié des ouvrages fort intéressants, et fait à notre Société des communications très documentées sur les locomotives aux expositions françaises et étrangères ;

M. G.-E. Degouet, ancien élève des Arts et Métiers de Châlons (1865), Ingénieur de la maison Roux frères et Cie; ancien Vice-Président de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers; directeur-fondateur de la section des mécaniciens à l'Association Philotechnique;

M. Hervegh, Membre de la Société depuis 1880. A débuté comme Ingénieur de la construction du chemin de fer de l'Est-Holstein, puis Ingénieur et constructeur aux États-Unis; a été ensuite Ingénieur de première classe du Ministère hongrois pour la construction du chemin de fer de l'État. Depuis 1881, M. Hervegh s'était fixé à Paris où il exerçait la profession d'Ingénieur-Conseil. M. Hervegh était très assidu à notre Société et connu de beaucoup d'entre nous.

M. le Président adresse aux familles de ces regrettés Collègues les très sincères condoléances de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer les nominations suivantes :

Notre Collègue M. Ad. Bouvier a été nommé officier d'Académie;

Notre Collègue M. Ch. Compère vient d'être adjoint à la Commission du nouveau concours pour la suppression des fumées, en sa qualité de Directeur de l'Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages, il signale l'envoi qui nous a été fait, par la rédaction du Bulletin de la Société des Ingénieurs allemands, de six mémoires de C. Bach intitulés : *Compte rendu des travaux de recherches dans le domaine de l'art de l'Ingénieur effectués au laboratoire de l'École Technique supérieure de Berlin*, publiés par la Société des Ingénieurs allemands (1re partie).

La Société a reçu de notre Collègue M. Courau, actuellement Directeur général de la Compagnie française des chemins de fer de la province de Santa-Fé (République Argentine) une lettre dont voici le passage principal :

« Je viens de recevoir le Bulletin de novembre 1900. J'y trouve les deux notes successives dans lesquelles notre Collègue M. Lavezzari a analysé, avec beaucoup de clarté et de finesse, la discussion qui s'était élevée ici sur le prix des traverses de Quebracho à la suite de mon article paru dans le Bulletin d'août 1899.

» Comme il s'agit d'une publication des Ingénieurs Civils et d'une question qui intéresse hautement les chemins de fer français, je me permettrai de vous demander de la compléter par l'explication suivante :

» L'Union industrielle argentine a demandé à deux maisons seulement les prix rappelés par M. Lavezzari dans sa seconde note, et une seule a donné le prix à Colastiné, 3 $ pour la grande traverse, chiffre qui, à 0,20 $ près, correspond à l'un des contrats que j'avais indiqués. Les autres prix sont faits à Buenos-Ayres et, par conséquent, sont surchargés déjà, avant embarquement maritime, de frets fluviaux, transbordements, etc. Ce n'est pas à Buenos-Ayres qu'il faut venir chercher la traverse de Quebracho, mais à Colastiné, port libre de tous droits quelconques d'entrée, de quais, etc., où elle passe directement du wagon au vapeur d'outre-mer.

» Colastiné a embarqué l'année dernière pour l'Europe 476 500 *t* de marchandises dont 231 500 *t* de Quebracho.

» J'espère que ce renseignement pourra être utile à ceux de nos Collègues qui ont déjà montré de l'intérêt pour cette question, susceptible de révolutionner en Europe les budgets de l'entretien de la voie. »

M. le Président fait part à la Société des communications suivantes :

1° Le lundi 20 mai prochain aura lieu la visite de l'usine de Produits céramiques de MM. Gilardoni, Brault et Cie, à Choisy-le-Roy. Nos Col-

lègues trouveront tous les renseignements nécessaires sur la circulaire annexée au présent Procès-Verbal ;

2° L'International Engineering Congress doit se tenir à Glasgow les 3, 4, 5 et 6 septembre prochain ;

3° La séance d'inauguration des conférences populaires sur la participation aux bénéfices et les institutions patronales et ouvrières qui s'y rattachent aura lieu, sous la présidence de M. le sénateur Thuillier, le dimanche 5 mai, à 2 heures, à la mairie du X° arrondissement ;

4° Notre Collègue M. Juppont nous informe que la ville de Toulouse a mis au concours l'édification d'un pont sur la Garonne. Pour la construction de cet ouvrage seront admis : la maçonnerie, l'acier et le ciment armé. Ceux d'entre nous que la question peut intéresser sont priés de s'adresser directement à notre Collègue M. P. Juppont, adjoint au maire de Toulouse, 55, allées La Fayette, à Toulouse ;

5° L'Association française pour la protection industrielle nous adresse une circulaire relative aux firmes des maisons de commerce et à une modification de la loi sur les marques de fabrique. Ceux de nos Collègues qui auraient quelques observations à présenter sur ces deux questions sont priés de bien vouloir les transmettre, avant le 10 mai prochain, à M. Émile Bert, Secrétaire général de l'Association française, 7, boulevard Saint-Denis, Paris.

Les documents se rapportant à ces divers avis sont déposés au Secrétariat, à la disposition de ceux de nos Collègues qu'ils peuvent intéresser.

M. le Président donne la parole à M. Fleury pour présenter à la Société la collection des Annales de la Société d'Économie politique. Il se félicite de voir notre Collègue revenir prendre part à nos réunions, et y apporter sa parole élégante et appréciée.

M. J. Fleury remercie M. le Président des bienveillantes paroles par lesquelles il veut bien accueillir sa réapparition aux séances de la Société, après une longue maladie.

Il rappelle que notre Collègue M. de Chasseloup-Laubat a récemment, ici-même, fait ressortir la grande utilité pour l'ingénieur de posséder des notions économiques précises et étendues.

Cette opinion a inspiré à la Société d'économie politique le désir de voir la collection de ses Annales figurer dans notre Bibliothèque, et elle a chargé M. Fleury d'en faire hommage à la Société des Ingénieurs Civils.

Notre Collègue expose que la Société d'économie politique existe de fait depuis 1842. Elle a pris, en 1846, la forme régulière qu'elle a encore aujourd'hui, et qui a été définitivement consacrée par le décret du 6 décembre 1886 qui l'a reconnue établissement d'utilité publique. Les procès-verbaux de ces séances n'ont été recueillis qu'à partir de 1846. C'est la collection complète de ces procès-verbaux, de 1846 à 1887, qui forme la matière de 16 volumes de ses Annales. Les années suivantes fournissent chacune un bulletin qui est adressé régulièrement à notre Bibliothèque.

Les Annales contiennent une table analytique qui facilite les recher-

ches. En a parcourant, on relèvera le grand nombre d'hommes remarquables qui ont fait partie de la Société et pris part à ses discussions, tels que Bastiat, Baudrillart, Michel Chevalier, Courcelle-Seneuil, Charles Dunoyer, Édouard Laboulaye, Léonce de Lavergne, de Parieu, Hippolyte Passy, Jules Simon, Émile Péreire, Rossi, Horace et Léon Say, Wolowski, Walras, et, de nos jours, MM. Frédéric Passy, Levasseur, Paul Leroy-Beaulieu, de Molinari, Juglar, de Foville, Stourm, etc.

La Société d'économie politique n'impose à ses membres aucun credo scientifique (si ces deux mots peuvent être rapprochés). Elle a, avant tout, le respect de la liberté des opinions, et c'est dans une atmosphère d'absolue tolérance que s'établissent ses discussions. Cependant il est vrai de dire que ses tendances générales s'inspirent des principes posés par ceux qu'on doit regarder comme les fondateurs de la science économique : Vauban, Turgot, Adam Smith, Quesnay, Dupont de Nemours, et, plus récemment, Bastiat, que ses *Harmonies Économiques* et son petit livre des *Sophismes* mettent au premier rang des maîtres.

Il est intéressant de constater que les seize volumes de ses Annales et les dix-huit bulletins qui suivent contiennent, par anticipation, des réflexions applicables à presque tous les problèmes qui agitent la société actuelle, socialisme, communisme, organisation sociale, liberté du travail, liberté de l'échange, intervention de l'État dans tous les ordres d'activité, voies de communication, problème monétaire, droit à la grève, droit d'association, syndicats, etc., etc.

M. Fleury relève quelques-uns des reproches qu'on entend communément adresser à l'économie politique. On a dit qu'elle était la plus ennuyeuse des sciences. C'est ce que disent de toutes les sciences ceux qui ne les connaissent point, et veulent les juger de parti pris parce qu'il en redoutent les conclusions. Cette prévention se manifeste surtout à l'égard de l'économie politique qui, amenée à conclure en faveur de l'intérêt général, a contre elle tous les intérêts particuliers coalisés, tous ces vœux antisociaux, comme dit Bastiat, qui se forment de premier instinct dans le cœur de l'homme. Ceux qui voudront bien feuilleter nos Annales s'apercevront qu'ils prennent, sans ennui, intérêt à ces résumés de discussions entre hommes de haute valeur sur des questions toujours actuelles.

On reproche aussi à l'économie politique certaines erreurs qui ont été relevées dans les ouvrages de ses fondateurs. Il est inutile de nier que Ricardo a erré dans la notion de la valeur, et que quelques-uns des passages de ses écrits ont servi de point de départ aux captieux logiciens du socialisme moderne, à Karl Marx en particulier. Ce sont quelques mots détachés d'un discours de Turgot qui ont été pris par Lassalle comme base de sa loi d'airain des salaires, aujourd'hui déjà bien ruinée. Mais la science économique est une science en formation; elle n'avance que pas à pas, en cherchant sa voie, et nous ne devons pas la juger sur quelques erreurs à l'origine, aujourd'hui tout à fait redressées. Science d'observation, l'économie politique a pour sujet de ses investigations l'homme, la Société, c'est-à-dire précisément les sujets les plus difficiles à observer, à bien connaître. Les premiers chimistes, les prédécesseurs immédiats de Lavoisier, ses successeurs, tels que Berzélius, n'ont-ils

pas, eux aussi, commis des erreurs d'observation, qui, pour certains, ont abouti à des erreurs de doctrine? Leurs successeurs ont rectifié, et ces erreurs du début n'ont pas fait hésiter à reconnaître à la chimie le caractère rigoureux et précis de science.

Enfin, on dit : A quoi sert l'économie politique? Examiner et démontrer les services que rend l'économie politique à la science sociale, à l'amélioration matérielle et morale des groupes humains, serait une œuvre longue. On lui doit des notions précises sur le meilleur gouvernement des hommes, comme disait Quesnay; elle a nettement dégagé cette grande notion de l'économie des forces que, dès l'origine des civilisations, l'humanité tend de plus en plus à mettre en pratique, et qui vise à retirer du travail le maximum de productivité en même temps qu'elle aboutit à faire régner plus de justice dans la répartition.

Cette notion est particulièrement intéressante à signaler dans un milieu d'ingénieurs dont tous les efforts doivent tendre précisément vers ce but : diminuer le prix de revient, c'est-à-dire obtenir le maximum de résultats avec le minimum d'efforts. C'est ce que J.-B. Say, écrivant à Thénard, développait en ces termes :

« Les arts ne font pas la richesse d'un pays simplement par les procédés qu'ils emploient. Ces procédés pourraient être admirables quant à l'invention et à l'exécution, comme certains chefs-d'œuvre de l'art du tourneur qui excitent une stérile admiration et cependant ne servent en rien à la fortune de leurs auteurs ni à la richesse publique, qui est la réunion de toutes les richesses particulières. Nos collections fourmillent d'idées ingénieuses qui n'ont pas eu de suites ou n'en ont eu que des funestes, et nous voyons tous les jours des gens à imagination, savants même dans la mécanique et la chimie, et qui échouent dans toutes leurs entreprises. Il y a donc quelque chose de plus à apprendre que les meilleurs procédés des arts. Cette chose est de savoir *comment et en quoi les arts concourent à former des valeurs*, qui sont le véritable élément de la richesse. L'entrepreneur de toute espèce de commerce et de manufactures doit être instruit sur ce point, parce que c'est lui qui combine les efforts avec les résultats, les moyens avec le but, les avances avec les produits. »

C'est précisément à acquérir cette sorte de connaissance du rapport de l'effort au résultat que sert l'économie politique. Notre Collègue M. de Chasseloup-Laubat avait donc bien raison de souhaiter la diffusion de la science économique parmi les Ingénieurs, et c'est avec le désir de concourir à cette diffusion que la Société d'Économie politique prie la Société des Ingénieurs Civils d'agréer l'hommage que M. Fleury a été chargé de lui faire en son nom.

M. le Président remercie M. Fleury d'avoir bien voulu résumer en quelques mots devant la Société, d'une façon aussi claire qu'élégante et précise, la science de l'Économie politique.

Puis il donne la parole à M. J. Deschamps pour sa Communication sur l'*Utilisation des gaz des hauts fourneaux.*

M. J. Deschamps expose d'abord, d'une façon sommaire, comment les hauts fourneaux sont nécessairement producteurs de gaz combustibles,

à cause du rôle réducteur que doit jouer le charbon qui ne peut ainsi être qu'incomplètement brûlé.

Il montre ensuite que ces gaz combustibles doivent tout d'abord être soigneusement recueillis et employés de préférence pour le chauffage.

Une partie est nécessaire au bon fonctionnement du haut fourneau lui-même, et ira brûler dans les cooppers. On emploiera ce que l'on pourra de l'excédent au chauffage de fours, au grillage des minerais, etc.

On devra ainsi viser à supprimer toute consommation de charbon autre que celle du haut fourneau lui-même.

Enfin, comme le haut fourneau nécessite une production de force motrice assez considérable, partie pour les souffleries qui prennent d'autant plus d'importance que de jour en jour on active davantage la marche du fourneau, partie pour les appareils accessoires, monte-charges, etc., il convient de chercher à transformer l'énergie potentielle des gaz résiduaires en travail.

Si, là encore, il y a excédent, c'est sous la forme électrique que l'énergie est plus facile à employer et à transporter. On l'utilisera au fonctionnement des machines qui généralement accompagnent un haut fourneau, laminoirs, etc., ou à une industrie accessoire, comme à Essen, où les usines Phœnix fabriquent du carbure de calcium.

Ces idées ne sont pas nouvelles, et déjà, dans certains hauts fourneaux, on a pu utiliser ainsi les gaz, non seulement pour assurer tout le fonctionnement des usines, sans qu'il soit nécessaire de consommer d'autre combustible que le coke des hauts fourneaux, mais même réaliser un excédent, uniquement par l'emploi de chaudières et machines à vapeur.

Ce qui est récent et fait le but de la présente communication, c'est l'emploi direct des gaz du haut fourneau dans des moteurs à gaz, c'est-à-dire la transformation en travail de l'énergie potentielle, sans l'intermédiaire onéreux de la vapeur.

Pourquoi cet intermédiaire est-il onéreux? Est-ce parce que le rendement du moteur à vapeur est inférieur à celui du moteur à gaz? Ceci n'est nullement démontré. Il existe actuellement des moteurs à gaz dont le rendement est supérieur au rendement connu des meilleures machines à vapeur, cela est vrai. Il n'est nullement établi qu'il doive en être toujours ainsi, et l'examen de soi-disant rendements théoriques n'est pas sérieux.

Ce qui, en l'espèce, est onéreux et parfaitement inutile, c'est la chaudière, puisque le combustible est fourni sous la forme gazeuse et peut être ainsi directement employé dans un moteur sans transformation d'état, sans le déchet et la sujétion d'un gazogène.

Aussi est-il évident qu'il y avait tout lieu de rechercher l'utilisation des gaz de haut fourneau par l'emploi de moteurs à gaz.

C'est le sujet que va examiner M. Deschamps, et, estimant que la tribune de notre Société convient plutôt à un exposé des progrès actuellement réalisés qu'à une discussion des moyens employés, il se bornera surtout à faire l'historique des travaux entrepris et à montrer les résultats obtenus. Il sera très sobre de données numériques, qui ne sont pas facilement comparables, ainsi que de calculs théoriques, attendu que, à son

avis, ces calculs n'offriraient point, à l'état actuel, un caractère de certitude suffisant.

Dans plusieurs publications, on a aussi parlé des souffleries conduites par des moteurs à gaz. Notre collègue n'en parlera pas, quoiqu'il possède des documents intéressants, et, paraît-il, inédits sur le sujet. La principale raison est que ce serait allonger démesurément la communication limitée par le temps dont il dispose; un autre motif est son opinion personnelle qu'avec les moteurs à gaz il convient de faire des stations électriques et d'emprunter à celles-ci la puissance nécessaire au fonctionnement des souffleries, qui, en ce cas, n'ont plus de relations étroites avec le moteur à gaz. D'ailleurs, dans le cas même où les souffleries sont en tandem, comme étaient celles exposées par la Société Cockerill en 1900, ou bien sont calées sur le même arbre, comme l'intéressante soufflerie de M. Thwaite, le problème a étudier devient celui des souffleries à grande vitesse. Il n'a plus aucun rapport avec celui des gaz de haut fourneau.

On a prétendu que cette idée si saine de rechercher l'emploi, dans les moteurs à gaz, des gaz de haut fourneau, flottait dans l'air et s'est manifestée presque au même moment, en Angleterre avec les projets et les essais de M. Thwaite, en Belgique aux ateliers Cockerill, et en Allemagne aux Hauts fourneaux de Hœrde.

Le problème qui se posait était d'une solution très difficile; pour beaucoup, il semblait irréalisable au début. On a beaucoup écrit sur ce sujet, dressé des listes des nombreuses difficultés qui semblaient barrer la route. La plus grande partie de ces obstacles semble aujourd'hui de bien petite importance. Mais on s'explique facilement combien, à l'origine, ils pouvaient paraître formidables.

A cette époque, les installations au gaz pauvre étaient encore à leurs débuts, les gazogènes faisaient craindre les gaz trop pauvres, d'une inflammation difficile, ainsi que les variations de pression et de pouvoir calorifique qui modifiaient les conditions du mélange gazeux et pouvaient amener des allumages intempestifs.

En se basant sur des théories mal assises, on avait lieu de craindre que le rendement ne baissât avec le pouvoir calorifique du gaz, et, comme celui-ci est très faible aux gaz de haut fourneau, que le rendement du moteur à gaz ainsi actionné en rendit l'usage précaire.

D'autres idées ont prévalu; les hauts fourneaux sont de très grands gazogènes, les conduites de distribution sont de vastes réservoirs, et il en résulte, avec le haut fourneau, une homogénéité plus grande des produits que dans un gazogène. D'ailleurs il est facile avec une vanne de régler les proportions du mélange et de corriger ainsi quelques variations. A ce sujet, M. Deschamps rappelle que notre Collègue M. Lencauchez écrivait déjà en 1874 que le haut fourneau est un gazogène parfait, et en prévoyait dès lors l'utilisation actuelle.

Enfin l'on s'est rendu compte que plus le gaz était pauvre, plus le mélange devait avoir une forte proportion de gaz. De 7 à 1, proportion d'air et de gaz adoptée en moyenne avec le gaz de ville, la proportion descend de 0,8 à 1 avec le gaz de haut fourneau. Aussi, si le mélange gazeux varie de richesse, c'est incomparablement moins vite que le gaz lui-même.

Entre un volume de mélange gazeux au gaz de ville à 5 300 calories et un volume de mélange gazeux au gaz de haut fourneau à 950 calories, c'est-à-dire cinq fois et demie plus pauvre, il n'y aura que la différence de 38 0/0 environ.

Au contraire, la compression préalable pourra varier du simple au double, atteindre 8, 9 et jusqu'à 10 *kg* suivant qu'on emploiera un mélange riche ou un mélange pauvre. Or, c'est cette compression qui joue le rôle le plus important dans le rendement, de telle sorte que l'on peut dire que, contrairement à d'anciennes idées, non seulement les moteurs à gaz ne diminuent pas de rendement quand le gaz devient plus pauvre, mais maintiennent leurs qualités, et peut-être même les accroissent.

De toutes les objections faites il n'y en a qu'une qui ait subsisté; la vaincre, c'est résoudre le problème.

Les gaz, tels qu'ils sortent des hauts fourneaux, sont impropres à être employés dans des moteurs à gaz, à cause de la grande quantité de poussières qu'ils entraînent avec eux et de l'état de division de ces poussières qui semblent, disait jadis M. Lurrmann, devoir résister à tout procédé de nettoyage, traverser filtres et appareils laveurs, comme si elles constituaient une sorte de vapeur mélangée aux gaz.

Fallait-il s'attacher à poursuivre le nettoyage du gaz? Fallait-il chercher à construire des moteurs qui puissent fonctionner avec des gaz sales?

Les deux doctrines ont eu leurs partisans dès le début.

M. Thwaite, avec une persévérance et une hauteur de vues remarquables, a, dès l'origine, cherché à rendre les gaz qu'il voulait employer convenables pour l'emploi du moteur à gaz, et n'a pas voulu s'inquiéter du moteur. Les essais ont été faits avec les moteurs les plus divers, Acmé, Hartley, Otto, etc.

Au contraire, à la Société Cockerill, on a poursuivi l'étude d'un moteur dérivé du plus gros moteur à gaz connu à cette époque, le moteur simplex de M. Delamarre-Deboutteville, et on s'est efforcé de faire un moteur qui puisse fonctionner sans épuration.

A Hoerde, partant du même point de vue, on a poursuivi l'étude du très remarquable moteur von Oechelhaüser, qui semblait la solution idéale pour un moteur où la poussière soit à craindre, puisqu'il n'a pas de soupapes.

On peut dire, dès aujourd'hui, que l'épuration s'impose. Ni à Differdange, où est l'installation principale des moteurs Cockerill, ni à Hoerde, les moteurs ne marchent sans appareils épuratoires. Cockerill et von Œchelhaüser ont abouti à créer d'excellents moteurs, des machines remarquables qui ne font pas regretter les longues années d'études qu'elles ont demandées. Ils n'ont pas atteint le but cherché. Cela n'a aucune importance puisque, pendant le même délai, on est arrivé à purifier les gaz d'une façon suffisamment parfaite et par des procédés assez simples.

M. Deschamps décrit d'abord les procédés de M. Thwaite, parce qu'ils sont les premiers connus, et, ensuite, parce qu'ils forment un ensemble bien imaginé et fort intéressant.

M. Thwaite a eu cette idée que l'épuration devait comporter trois

phases : nn premier nettoyage à sec, le passage dans une série d'appareils laveurs de plus en plus divisés et terminés par le scrubber, enfin, un filtrage qui est l'opération terminale. M. Deschamps donne des détails sur les dispositifs employés par M. Thwaite.

Les installations du type Thwaite sont celles où l'épuration graduelle est la plus divisée.

Dans les hauts fourneaux où l'on a cherché l'emploi des moteurs à gaz, on a employé des procédés plus sommaires, mais l'idée générale reste la même.

Le plus souvent l'épuration à sec commencée aux tuyaux d'orgue, se continue dans les longues conduites où des vannes de vidange sont disposées à tous les coudes, puis se poursuit toujours dans des appareils laveurs. Même à l'usine Cockerill, où l'épuration est sommaire, il y a des appareils laveurs où les gaz sont obligés de traverser une couche d'eau, à plusieurs reprises, grâce à des chicanes, et y laissent beaucoup de poussières. Mais, sauf à Seraing, ce nettoyage ne suffit pas, et l'on doit le compléter toujours par des scrubbers. Il n'y est fait exception qu'à Differdange, où l'unique appareil employé est un ventilateur.

Enfin, pour terminer le nettoyage, les appareils à force centrifuge semblent présenter un intérêt tout particulier. Dans les uns, simples ventilateurs centrifuges, l'eau pénètre, dans le sens de l'axe, par les oreilles avec l'air ; eau et air sont entraînés, brassés, et vont s'écraser sur les parois, où les poussières se mélangent intimement à l'eau.

Dans l'appareil Theisen, le dispositif est différent, le résultat est semblable. Notre Collègue décrit cet appareil, en s'aidant de projections. Il rappelle aussi les travaux de notre collègue M. Lencauchez.

Les gaz étant ainsi nettoyés et rendus convenables à l'emploi dans les moteurs à gaz, il fallait néanmoins, pour que le problème fût complètement résolu, adapter les moteurs à des conditions de fonctionnement différentes, et rechercher des unités de puissance plus grandes que celles habituellement employées jusque-là. Cela demandait des études et des essais.

M. Deschamps indique d'abord les dispositions particulières communes à tous les moteurs créés ou transformés pour les gaz de hauts fourneaux : forme spéciale de la culasse, protection des soupapes, allumage électrique ; il signale la tendance actuelle aux chasses d'air.

A cet effet, il montre par des projections le dispositif breveté et appliqué par M. Thwaite, un brevet récent de MM. Crossley, et décrit le moteur Premier.

Puis, avec des projections d'ensemble et de détails, il montre les moteurs à quatre temps les plus employés, ou qui se construisent en ce moment dans ce but.

La Société Cockerill a construit des moteurs du type Simplex en collaboration avec notre regretté collègue M. Delamarre-Deboutteville. C'est un moteur Otto.

Différents moteurs du même genre ont été employés, tels que le moteur Acmé, le moteur Hartley et celui de la Berlin Anhaltiche Maschinenbau Gesellschaft. Ces moteurs semblent tous s'être bien comportés.

La maison Otto de Deutz s'est fait particulièrement remarquer par

ses installations, qui, toutes sans exception, ont fonctionné d'une façon parfaite. Notre collègue montre un nouveau type à soupapes opposées de cette maison.

Le moteur Letombe, que M. Leroux a déjà décrit ici, doit être essayé prochainement avec de grandes unités ; il y a déjà en fonctionnement un moteur d'essai à Marseille.

Tous ces moteurs sont horizontaux. Il convient de signaler le moteur Westinghouse employé en Amérique, dont les coupes projetées présentent l'apparence de celles bien connues des moteurs d'automobiles, et qui, grâce à sa disposition verticale, ne s'ovalise pas et peut marcher à grande vitesse.

Un type spécial de moteurs s'impose aujourd'hui à l'examen : ce sont les moteurs à deux temps.

A ce sujet, M. Deschamps explique au moyen de diagrammes ce qui différencie le plus essentiellement les moteurs à deux et à quatre temps, et l'avenir de ceux-là.

Il décrit ensuite avec projections le moteur Van Oechelhaüser, si curieux avec ses pistons opposés, son équilibrage et la supression totale des soupapes, puis le moteur Koerting, qui fonctionne à deux temps et à double effet comme une machine à vapeur.

M. le Président remercie vivement M. Deschamps des renseignements qu'il a bien voulu apporter à la Société, et qui ont été écoutés avec le plus grand intérêt. Il demande si quelques-uns de nos Collègues ont des questions à poser ou des renseignements complémentaires à apporter.

M. A. Dutreux croit qu'il est bon de préciser par des chiffres ce qui a été trouvé jusqu'à ce jour, quitte à rectifier plus tard les erreurs qui peuvent encore être commises.

M. Deschamps a fait, à juste titre, la critique de la chaudière comme appareil intermédiaire de transformation. L'expérience démontre, en effet, qu'il faut environ 3,5 m^3 de gaz pour produire un cheval effectif dans un moteur à gaz, alors que cette consommation atteint de 12 à 15 m^3 dans le cas où l'on emploie la chaudière comme intermédiaire. Le rapport entre les puissances disponibles, suivant que l'on emploie des chaudières et des machines à vapeur ou des moteurs à gaz, est donc de 1 à 4 environ.

M. Deschamps a également eu raison de dire que la question de l'épuration des gaz domine toute autre question dans l'emploi des moteurs à explosion, et l'époque approche où les constructeurs de moteurs à gaz ne pourront plus revendiquer la supériorité de leur « système » sur tel ou tel autre. Récemment encore, ils cherchaient à démontrer cette supériorité en invoquant les résultats acquis dans une usine par rapport à ceux d'une autre, où fonctionnaient les moteurs de leurs concurrents. M. Dutreux, relatant une expérience qui lui est personnelle, a vu ainsi opposer les résultats différents de deux usines qu'il connaissait bien : dans l'une, où les moteurs marchaient d'une façon parfaite, les gaz ne contenaient que 0,187 *gr* de poussières à l'entrée au moteur, tandis que dans l'autre, où la marche des moteurs était déplorable, la teneur en

poussières s'élevait à 2 ou 3 *gr*, c'est-à-dire qu'elle était 10 à 15 fois plus forte. Or actuellement, grâce à l'application des ventilateurs à injection d'eau, la teneur en poussières dans cette dernière usine est tombée au même chiffre que dans la première (0,15 à 0,20 *gr*), et les moteurs marchent toute la semaine sans interruption aucune. En présence des résultats excellents des deux types de moteurs, notre Collègue ne voit aucun inconvénient à dire que ceux de la première usine étaient des moteurs Otto de Deutz, fonctionnant à Dudelange, et ceux de la seconde des moteurs Simplex de Cockerill, fonctionnant à Differdange.

Il est donc fort probable que bientôt les usines métallurgiques pourront trouver de nombreux types de moteurs à gaz donnant toute satisfaction, tout comme on trouve de nombreux types de machines à vapeur, L'essentiel sera de bien épurer les gaz dont on disposera, et de choisir ensuite un constructeur consciencieux dont le mode de construction ne laissera rien à désirer.

Les ventilateurs à injection d'eau de Dudelange et de Differdange étant les appareils les plus simples, les plus efficaces et les moins coûteux pour le nettoyage des gaz des hauts fourneaux, il convient de citer quelques chiffres précis relevés dans l'usine de Differdange.

A Differdange, les moteurs consomment 3 m^3 de gaz à 972 calories par cheval-heure. Comme il y a 5 moteurs de 600 *ch*, c'est-à-dire 3 000 *ch* en marche, il faut nettoyer 9 000 m^3 de gaz à l'heure, ce qui est facile avec un ventilateur absorbant 30 *ch*. Le nettoyage ne consomme donc que 1,1 0/0 de la puissance disponible. Il faut au ventilateur par cheval-heure 4,7 *l* d'eau, et par mètre cube de gaz nettoyé 1,55 *l* d'eau. Ce ventilateur peut arrêter 480 *kg* de poussières en vingt-quatre heures.

M. Dutreux donne, sur la marche pratique des moteurs, d'autres chiffres qui présentent aussi beaucoup d'intérêt.

Les moteurs de Differdange ont besoin de 10 *l* d'eau de refroidissement par cheval-heure, dont 8 *l* pour la circulation dans le piston. C'est là un renseignement qui a été fourni à notre Collègue et qui vient d'être publié, mais qui ne concorde pas avec le chiffre élevé que citait M. Deschamps. Peut-être faut-il admettre qu'au début on attribuait la mauvaise marche en partie à l'échauffement et aux grippements et que, pour cette raison, on exagérait le refroidissement, que l'on aura pu modérer depuis que l'épuration des gaz est devenue suffisante.

Avant l'emploi des ventilateurs, la consommation d'huile était énorme, à Differdange. Maintenant, il suffit de 65 *l* d'huile et de 3 *kg* de graisse par moteur de 600 *ch*. La dépense par moteur et par jour s'élève de ce chef à 25 *f*.

A Dudelange, où l'épuration des gaz est au moins aussi parfaite qu'à Differdange, on a indiqué à M. Dutreux une consommation de 4,46 *g* d'huile par cheval-heure, ce qui donne également une consommation de 64 *kg* par moteur de 600 *ch* et par vingt-quatre heures.

Notre Collègue croit utile de signaler sommairement comment peut s'établir le prix de revient du cheval-heure effectif obtenu par les moteurs à gaz des hauts fourneaux. Ce prix de revient comprend les trois éléments principaux suivants : 1° l'amortissement des capitaux engagés ; 2° la main-d'œuvre et l'entretion ; 3° la valeur du gaz consommé.

M. Dutreux se base sur les dépenses afférentes à une unité de 600 *ch*. Une pareille unité, avec tous les frais de fondations, de conduites, d'épurateurs, etc., coûte actuellement environ 200 000 *f*. En comptant 10 0/0 pour l'amortissement et les intérêts, et 300 jours de travail par an à 20 heures par jour, les dépenses d'amortissement par cheval-heure seraient de 0,55 centimes.

Les frais annuels de main-d'œuvre par moteur de 600 *ch* (dans une station d'environ 2 à 3 000 *ch* permettant de répartir certains frais) sont de 4 000 *f*. Pour frais généraux, entretien et réparations, notre Collègue admet la somme de 7 500 *f* qui lui paraît très largement suffisante. Le graissage, à raison de 25 *f* par jour, coûtera également 7 500 *f*. La dépense annuelle de main-d'œuvre et d'entretien pour un moteur de 600 *ch* serait donc de 19 000 *f*, soit 0,53 centimes par cheval-heure. (A Dudelange on a trouvé 0,43 *f* pour cet élément du prix de revient.)

Enfin, pour le gaz consommé, M. Dutreux n'admet pas, comme certains auteurs, qu'il ne coûte rien. Puisqu'il a une puissance calorifique et qu'on peut le brûler sous des chaudières, il convient d'estimer sa valeur rapportée à la houille. A raison de 3,5 m^3 par cheval-heure et de 950 calories par mètre cube, il faut 3 325 calories par cheval-heure, ce qui représente 416 *g* de houille à 8 000 calories. Si l'on compte la houille à 16 *f* la tonne, ces 416 *g* vaudraient 0,67 centimes.

Le prix de revient total serait donc de : 0,55 + 0,53 + 0,67 = 1,75 centimes par cheval-heure.

Un prix de revient de puissance motrice inférieur à 0,02 *f* est un résultat qui, plus que tout autre, semble à notre Collègue de nature à favoriser le rapide développement de l'application des moteurs à gaz des hauts fourneaux.

M. E. Demenge donne d'abord quelques renseignements sur l'étude des machines soufflantes à gaz, qui est menée très sérieusement, et lui paraît intimement liée au problème de l'utilisation des gaz de hauts fourneaux. Il signale la machine soufflante actuellement en construction à la Kölnische Maschinenbau de Bayenthal, qui figurera l'an prochain à l'Exposition de Dusseldorf. Ce moteur à gaz monocylindrique est directement accouplé au cylindre soufflant; la pompe auxiliaire, verticale, est reléguée sous le plancher comme un véritable condenseur, les organes sont simples, le diamètre est seulement de 775 *mm* et la course de 950 *mm*, d'où, pour la tige du piston soufflant, une vitesse de 3,20 *m* par seconde, au lieu de 5,70 *m* comme dans la machine exposée par Seraing, ce qui dispense de refroidir cette tige. Avec une vitesse de 100 tours par minute, cette machine fournira 500 *mc* de vent à une pression de 30 à 40 *cm* de mercure.

M. Demenge conteste qu'à Hoerde on ait jamais eu en vue d'éviter l'épuration du gaz, bien que le moteur Oechelhaueser ait moins à craindre les poussières que le moteur à soupapes. Il signale comment l'usine de Differdange, imitant ce qui se passait dans les usines avoisinantes, est arrivée, mais dans un autre but, à employer un appareil excellent pour l'épuration. Cette question était déjà très étudiée en France, notamment par M. Lencauchez. Ce qui fait surtout l'intérêt du

ventilateur-laveur, c'est la quantité considérable de gaz qu'il peut épurer et le faible encombrement de l'appareil.

Notre collègue donne quelques renseignements complémentaires sur les moteurs Oechelhaueser, dont le premier, d'une puissance de 600 *ch*, a été mis en marche à Hoerde en mai 1898. Depuis cette époque, deux autres moteurs ont été commandés.

M. Demenge remarque que le principe des moteurs à deux temps convient surtout aux fortes puissances, et par conséquent à l'utilisation des masses de gaz considérables que déversent les hauts fourneaux. Le moteur Körting est théoriquement très intéressant, mais on peut se demander s'il a fait ses preuves comme machine industrielle. Ce moteur rappelle beaucoup la machine Junkers et Oechelhaueser de 1893, machine dont la disposition, notamment en ce qui concerne la pompe auxiliaire, a été abandonnée par M. Oechelhaueser dans son dernier type de moteur à gaz pauvre. On construit déjà des moteurs Oechelhaueser monocylindriques de 1 000 *ch*. Quand la possibilité du double effet aura été prouvée, on pourra doubler la puissance de ces moteurs en intercalant entre les deux pistons un troisième piston dont la tige traversera l'un des pistons extrêmes.

M. L. Cahen-Strauss désire ajouter quelques mots en ce qui concerne spécialement les moteurs à gaz verticaux de grandes puissances.

M. Deschamps a rappelé que c'est en Amérique qu'ils furent construits en premier lieu, et il a projeté devant nous un groupe électrogène de 650 *ch* comprenant un moteur à gaz Westinghouse à trois cylindres parallèles accouplé directement à une dynamo produisant 400 kilowatts aux bornes, dont plusieurs fonctionnent depuis trois ans dans des usines américaines.

Les trois manivelles étant à 120° l'une de l'autre, et chaque cylindre travaillant comme un moteur à quatre temps, on obtient ainsi trois impulsions par deux tours de l'arbre, ce qui assure une grande régularité de marche avec des volants d'un poids relativement faible, et permet les accouplements directs, même avec des alternateurs et sans l'interposition d'un manchon élastique.

M. Deschamps a exprimé l'espoir qu'on ne s'en tiendrait pas à la puissance de 650 *ch*. Son vœu est réalisé. Les ateliers Westinghouse, de Pittsburg, ont construit plusieurs moteurs à gaz triplex pour une puissance effective de 1 500 *ch*. L'un d'entre eux doit déjà être en fonctionnement aux usines Carnegie.

Notre collègue M. Dutreux, examinant les dépenses diverses des moteurs à gaz, a dit un mot du graissage. C'est là, avec le rafraichissement des cylindres, un point très important. Or, les moteurs Westinghouse sont, ainsi que l'a fait remarquer M. Deschamps, construits comme des moteurs à automobiles, mais l'idée du graissage employé remonte aux machines à vapeur Westinghouse, qui datent de plus de quinze années.

On obtient un graissage intensif par le battage des têtes de bielles dans une couche d'huile de quelques centimètres surnageant sur un bain d'eau. L'huile, projetée avec force sur le piston, le cylindre et les

articulations, retombe sur le bain pour être projetée à nouveau ; ceci jusqu'à épuisement de l'huile. On a ainsi une lubrification parfaite et très économique.

M. A. Lencauchez remercie M. Deschamps d'avoir rappelé ses travaux sur l'épuration des gaz. C'est en 1858 qu'il a imaginé ses laveurs à pluies multiples et ses pulvérisateurs centrifuges, sous pression ou dans le vide. En 1860, il imagina un grand laveur (scrubber) pour produire douze pluies fines sur le gaz des hauts fourneaux traitant des minerais zincifères, afin de récolter le zinc. En 1873, il étudia, pour les hauts fourneaux de Liverdun, des laveurs épurateurs, puis, en 1878, des laveurs épurateurs plus simples, mais moins efficaces. Il considère que son appareil de 1873 est encore ce qu'il y a de plus parfait dans son genre.

En 1873 et 1875, notre Collègue avait reconnu que la poussière des hauts fourneaux forme une sorte de feutre minéral très léger, appelé sublimé par les praticiens. Ce feutre est d'une conductibilité presque nulle, ce qui fait que les canaux des appareils à vent chaud qui en sont recouverts accumulent peu de calorique et n'en cèdent que très peu après l'inversion; aussi les Cowpers mal chauffés ont-ils des hauteurs de 30 *m* dans certaines usines; de même, les chaudières recouvertes de sublimé perdent une grande partie de leur conductibilité et ne produisent plus bien la vapeur. Un autre inconvénient du sublimé est d'encrasser rapidement les brûleurs; à côté de la difficulté d'avoir des brûleurs rationnels avec des gaz sales, il y a aussi l'impossibilité d'obtenir des gaz à pression constante de 20, 30 et 50 *mm* d'eau; et comme on ne peut demander aux ouvriers de régler continuellement les débits d'air et de gaz avec le tirage de la cheminée, le gaz est très mal brûlé. La perte atteint 66 0/0.

Au contraire, avec des gaz épurés et un régulateur de pression, les bons brûleurs, genre chalumeau, deviennent très pratiques, la combustion est complète, et, en laissant la moitié des gaz de hauts fourneaux disponible pour le Bessemer, le chauffage des fours Martin, des fours à réchauffer, etc., la quantité de gaz qui reste utilisable par les moteurs à gaz se trouve ainsi considérablement augmentée.

Le ventilateur doit pouvoir donner une quantité de gaz supérieure à la consommation, d'où la nécessité de l'associer à un régulateur de retour, dit by-pass, manœuvré par le gazomètre qui, dans beaucoup de cas, se réduit à une cloche de régulateur de 2,500 *m* de diamètre et de 2 *m* de hauteur. D'un autre côté, comme le vide ne doit pas se produire entre le ventilateur-exhausteur et les hauts fourneaux, il faut un régulateur de pression. Ces additions sont encore plus indispensables ici que dans les usines à gaz d'éclairage, sous peine d'explosions de plusieurs milliers de mètres cubes de mélange tonnant. M. Lencauchez, appelé à collaborer à l'épuration de Micheville, a doté ces aciéries des appareils ci-dessus, considérés comme appareils de sécurité.

M. Lencauchez expose que les assurances données à la Métallurgie par les usines de Seraing, à savoir que l'épuration à sec et sommaire était suffisante, a été démentie par les faits. Cette épuration, à laquelle

il a collaboré à Micheville, laissait passer des poussières qui, cinquante minutes après la première mise en marche, fin octobre 1900, ont rayé et fait gripper le moteur de 300 *ch* au point de nécessiter un nouvel alésage; on ajouta alors trois scrubbers et un sécheur de gaz; l'installation a été terminée fin février dernier; mais, dès le mois d'octobre, informé des chasses de décrassage du ventilateur-exhausteur de Dudelange, notre collègue conseilla de monter deux tuyaux d'injecteurs d'eau continue dans les œillards du ventilateur qu'il avait installé. C'est ce qui a été fait fin février.

Appelé en Lorraine pour une épuration de 50 m^3 de gaz par seconde, M. Lencauchez, avec ses collaborateurs, se rendit compte qu'il faudrait un village de scrubbers pour obtenir une épuration parfaite, et il eut l'idée d'employer des chocs multipliés et la pulvérisation à haute pression pour mouiller le sublimé onctueux et le transformer en boues de lavage; il fut ainsi conduit à un quadruple ventilateur dérivé du broyeur Carr, et à un triple ventilateur; il imagina aussi une disposition de by-pass pour tuyaux de 2,500 *m*. Ces divers appareils ont fait l'objet d'une demande de brevet le 10 janvier 1901, pour prise de date.

A Differdange, on profita du conseil donné par notre Collègue aux aciéries de Micheville, et c'est là qu'on a marché pour la première fois, le 28 février, au ventilateur devenu laveur. Le succès a été très grand, comme l'a dit M. Deschamps, bien que M. Lencauchez estime qu'il ne soit pas complet, puisque le gaz qui contient 4 *g* de sublimé par mètre cube à son entrée au ventilateur a encore 0,25 *g* à la sortie, ce qui force à des arrêts pour nettoyage tous les quinze jours. A Micheville, où la mise en marche a eu lieu le 4 mars, l'épuration est beaucoup plus complète : c'est que, grâce à la plus grande quantité relative d'eau de lavage et au by-pass actionné par les régulateurs que M. Lencauchez a installés, le gaz est lavé deux fois avec seize fois plus d'eau. La Direction de Micheville lui écrivait le 1er mai : « Nous pensons que le nettoyage ne sera nécessaire qu'après une très longue période de marche continue. »

C'est à un by-pass et à ses régulateurs que notre Collègue attribue la supériorité du lavage de Micheville. Il revendique la paternité du laveur-ventilateur, attendu que les chasses d'eau dans le ventilateur, employées à Dudelange depuis août 1900, avaient pour seul but de le décrasser, et qu'on n'a pensé à prendre des brevets qu'après les succès qu'il a obtenus à Differdange et à Micheville. Il ajoute que la nécessité de décanter d'énormes volumes d'eau pour des installations ayant plusieurs hauts fourneaux nécessite l'établissement de bassins de décantation graduelle et méthodique, avec dragage et transport mécaniques; il croit que ses bassins de décantation de 1858 répondent bien à cette nouvelle exigence industrielle.

M. Lencauchez donne quelques chiffres pour la force réclamée par les ventilateurs-exhausteurs, les laveurs, les pompes des bassins de décantation, etc. Il termine en signalant les phénomènes qui se produisent dans les hauts fourneaux écossais marchant au splint-coal, houille ligniteuse qui ne donne pas d'agglomération ni de collage du coke, mais produit à la tonne 55 à 70 *kg* de goudron entraîné par les gaz,

exactement comme la poussière des hauts fourneaux. Dans un prochain Mémoire, il traitera avec détails les curieuses propriétés de ces goudrons vagabonds qui sortent des hauts fourneaux à des températures de 250 à 300°, traversent des réfrigérants, jeux d'orgue, scrubbers, caisses filtrantes, etc., sans y laisser trace de condensation, et s'échappent sous forme de poussière onctueuse. Tous ces appareils, dont le développement considérable coûte autant que les hauts fourneaux, soit des centaines de mille francs, sont remplacés aujourd'hui avec succès, au dire d'un Collègue venant d'Écosse, par un modeste ventilateur-laveur.

M. E. Cornuault se bornera, vu l'heure avancée, à demander aux métallurgistes présents dans la salle s'ils ne pourraient compléter l'exposé de M. Deschamps en citant, d'après leurs expériences personnelles, quelques chiffres pratiques concernant la quantité de gaz réellement disponible (après le prélèvement pour les appareils à air chaud) pour les souffleries supposées transformées et actionnées par moteurs à gaz directs. C'est en effet cette question des souffleries à gaz qui, quoi qu'en ait pu dire M. Deschamps, attire actuellement, à titre immédiat, l'attention de tous les métallurgistes.

Enfin, M. Cornuault exprime le regret que, sur la question générale si intéressante du rendement comparé des moteurs à vapeur et des moteurs à gaz, aucunes données n'aient été fournies, et qu'on se soit borné à traiter de peu sérieux les calculs des rendements thermiques. Des calculs de savants comme M. Lippmann, de l'Institut, et M. Janet, professeur à la Faculté des sciences, il résulte que la machine à vapeur ne fournit que le huitième ou le dixième de l'énergie contenue dans le charbon ; avec le moteur à gaz, le rendement est plus que double : autrement dit, à force égale, la consommation de charbon est moins de moitié. C'est là une constatation capitale, absolument reconnue aujourd'hui, et il semble, dans ces conditions, que si le xix[e] siècle a été surtout le siècle de la force motrice par la vapeur, le xx[e] siècle pourrait bien être celui de la force motrice par les gaz, et marquer la décadence successive de la machine à vapeur et du détestable intermédiaire qu'elle emploie, la chaudière.

M. A. Lencauchez dit qu'en effet, si l'on emploie le gaz des hauts fourneaux bien épuré d'une part dans les machines à vapeur, d'autre part dans les moteurs à gaz, le rapport des rendements est d'environ 1 à 2. Mais il y a deux aspects dans la question des rendements suivant que l'on envisage le gaz comme un sous-produit, ce qui est le cas des hauts fourneaux, ou comme le produit d'un gazogène; or, le rendement des gazogènes n'est pas supérieur à 80 0/0, c'est-à-dire au rendement des chaudières, et il y a des moteurs à vapeur qui rendent 13 et 14 0/0. Mais si l'on compare l'emploi, dans les moteurs à gaz, du gaz épuré à l'emploi du gaz brut à pression variable pour chaudières à vapeur et machines à vapeur, le rapport n'est plus que de 1 à 4,5 et même à 5, les chaudières utilisant à peine 30 0/0 du calorique des gaz sales.

M. D.-A. Casalonga estime que la question du rendement, soulevée par M. Cornuault, lui paraît d'une importance capitale.

M. Deschamps, dont la communication a été écoutée avec le plus vif

intérêt, a glissé rapidement sur cette question, tout en donnant à entendre que l'on n'était pas d'accord sur les méthodes par lesquelles on détermine ce rendement et qui varieraient d'un pays à l'autre. Il semble ainsi jeter un peu par dessus bord la règle de l'écart entre les températures extrêmes T_0, T_1, et, par suite, la théorie du coefficient économique $\frac{T_0 - T_1}{T_0}$. Le conférencier, toutefois, a rapporté des expériences, faites sur des moteurs à gaz, et d'après lesquelles le rendement physique absolu aurait été trouvé égal à 37 ou 39 0/0. Ce rendement s'élèverait même, dans certains cas, à une valeur beaucoup plus grande.

M. Casalonga déclare que, pour lui, de telles valeurs du rendement sont impossibles; que le rendement théorique direct et absolu d'un moteur à gaz tonnant, ou à combustion intérieure comme le moteur Diesel, est constant et égal à 29 0/0, d'après l'analyse qu'il a faite des lois élémentaires de la physique expérimentale. Il trouve donc surprenant que certains auteurs et expérimentateurs persistent encore à croire exactes des valeurs variables et beaucoup plus fortes, s'élevant jusqu'à 45 et 50 0/0, même jusqu'à 60 et au delà. Au contraire, le rendement physique de la machine à vapeur, toujours très inférieur au rendement, constant suivant lui, du moteur à gaz, varie avec la pression et la température correspondante de la vapeur, et cela en raison de la variation, au cours de la détente, de la valeur de la chaleur latente : d'où il suit que le rendement du moteur à gaz, qui est environ le double de celui d'une machine à vapeur qui marcherait à la pression de 18 *kg*, est triple de celui d'une machine à vapeur marchant à 5 *kg*.

Notre Collègue est heureux d'avoir entendu dire, par M. Cornuault, que MM. Lippmann et Janet enseignent aujourd'hui que le rendement de la chaleur, évoluant dans un gaz permanent, est bien supérieur au rendement de la même quantité de chaleur évoluant dans la vapeur saturée. Il trouve là un haut appui en faveur de l'une des assertions qu'il avait formulées, et qui avait été repoussée jusqu'ici parce qu'elle est en opposition avec la première proposition générale du principe II de Thermodynamique.

C'est l'écart considérable qui existe entre les deux rendements considérés qui explique le grand développement pris par les moteurs à gaz depuis 1889 et notamment la transformation heureuse effectuée dans le mode d'utilisation des gaz pauvres émis par le haut fourneau.

M. le Président fait observer que la question de rendement, dans les termes où l'a posée M. Casalonga, est une question nouvelle dont la discussion ne peut être utilement entamée à l'heure avancée où elle se présente.

Quel que soit le rendement avantageux des moteurs à gaz, ces moteurs ont, dans beaucoup de circonstances, des inconvénients qui empêchent de les adopter. Mais quand ils peuvent être employés sans qu'on ait de gazogène à construire, quand il s'agit notamment d'utiliser un gaz tout fait dont on peut, en outre, tirer parti dans l'usine où il se produit, le moteur à gaz offre des avantages évidents. Sur ce point tout le monde est d'accord.

M. J. Deschamps, répondant à la remarque de M. Cornuault, dit que, s'il n'a pas fait intervenir la théorie, ce n'est pas qu'il la dédaigne, bien au contraire, puisqu'il en a commis une dans la *Revue de Mécanique*. Mais il y a encore des divergences de vues trop profondes entre les théoriciens pour qu'il ait voulu, dans sa communication actuelle, s'appuyer sur autre chose que des faits.

M. R. Soreau dit que, sans vouloir examiner la question du rendement, il croit utile de faire remarquer que M. Deschamps n'a pas, comme l'a dit M. Casalonga, jeté par dessus bord la théorie du coefficient économique. Il a simplement fait allusion, au cours de sa communication, à une formule qui dépend de la compression et qui donne une *limite supérieure* du rendement des moteurs à gaz. On n'en peut évidemment conclure que les températures n'interviennent pas dans la loi exacte du rendement. La loi de Carnot n'est d'ailleurs elle-même qu'une limite supérieure du rendement réel des moteurs thermiques.

M. L. Roman fait remarquer qu'au cours de sa très intéressante communication M. Deschamps a appelé particulièrement l'attention de ses Collègues sur les moteurs Cockerill, von Oechelhaueser, Otto, Koerting. Il ne faudrait pas en inférer que les maisons qui construisent ces moteurs sont les seules qui se soient préoccupées de la question de l'utilisation des gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice.

C'est ainsi que la Société générale des industries économiques, Moteurs Charon, étudie actuellement cette importante question. Si, jusqu'à présent, elle n'a pas pris position, c'est qu'elle a pensé qu'il convenait d'étudier une nouvelle machine spécialement destinée à utiliser les gaz pauvres. Ces études sont actuellement très avancées, et un moteur basé sur des principes entièrement nouveaux va entrer en construction.

Entre autres particularités, ce moteur est du type vertical, comme ceux que construit la Société Westinghouse en Amérique; cette nouvelle disposition, qui présente certaines difficultés d'étude, permet de supprimer tous les inconvénients que M. Deschamps a indiqués dans sa communication comme inhérents à tous les gros moteurs à gaz actuellement employés. Sur le continent, le moteur vertical est seulement utilisé pour les moteurs de petite puissance ne dépassant pas 10 ou 20 *ch*. Or le nouveau moteur dont il est question sera d'une puissance de 200 *ch* effectifs, et constituera la petite unité d'une série de moteurs spécialement destinés à fonctionner avec le gaz pauvre de gazogène ou de haut fourneau.

La Société des moteurs Charon fera connaître très volontiers le résultat de ses recherches à la Société des Ingénieurs Civils.

M. le Président remercie encore M. Deschamps de sa communication, si claire et si documentée, et se félicite de l'intéressante discussion à laquelle elle a donné lieu. Il adresse aussi les remerciements de la Société à ceux de nos Collègues qui ont bien voulu y prendre part. Si quelques-uns de nos collègues avaient des renseignements complémentaires à nous apporter sur cette importante question, il est tout disposé à ouvrir, dans quelque temps, une discussion nouvelle.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. R.-N. Caillette et X. Wehrlé comme membres Sociétaires.

MM. H. André, L.-V. Breuer, G. Charpy, E.-E.-A. Damerose, L.-M. Dumuis, L. Escande, B.-A. Navarre, M. Pierron, G.-J.-A. Pradel, C. Sassin, G. Schumacher sont reçus membres Sociétaires et

MM. L. Balin, P. Desmarais et E.-P. Gensse, membres Associés.

La séance est levée à minuit.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 MAI 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président dit qu'il a reçu de M. P. Besson une lettre par laquelle notre Collègue l'informe qu'il a transmis à M. et à Mme Curie, ainsi qu'à M. Debierne, les félicitations que M. Couriot, Vice-Président, leur avait adressées, à la séance du 19 avril, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. Besson se félicite d'avoir été chargé d'être leur interprète pour remercier la Société de cette manifestation qui les a profondément touchés. Il ajoute qu'ils seraient heureux de recevoir tous les échantillons de minerais d'uranium que nos Collègues pourraient connaître. La présence de l'uranium seule est utile, mais la teneur est indifférente au point de vue de la recherche des substances radio-actives. La Société centrale de Produits chimiques recevra avec plaisir les échantillons, avec indication de provenance.

A propos du procès-verbal de la même séance, notre Collègue, M. René Benoit, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, a adressé à M. le Président la lettre suivante dont lecture est donnee

« 6 mai 1901.

» Monsieur le Président et très honoré Collègue,

» En lisant — malheureusement un peu tard, — le procès-verbal de la séance du 19 avril dernier, j'y trouve avec quelque surprise les lignes suivantes :

« M. Commelin dit que, sous l'action d'influences dont beaucoup

» nous échappent encore, la matière subit des transformations et des » modifications profondes qu'il est des plus intéressant d'étudier, et » sur lesquelles chaque jour peut amener une nouvelle découverte. *Il » cite comme exemple de ces modifications le mètre-étalon du Bureau inter- » national des Poids et Mesures.* »

» J'ignore si le procès-verbal aurait traduit infidèlement des paroles que je n'ai point entendues, ou si c'est nous qui, lors d'une visite que M. Commelin a faite au Pavillon de Breteuil, il y a quelques mois, nous sommes mal fait comprendre dans les explications que nous lui avons données. Mais, en tout cas, je ne puis laisser passer, sans la rectifier, une assertion qui, en ce qui concerne les prototypes métriques modernes, est absolument erronée, et qui serait de nature à répandre des suspicions aussi graves qu'injustifiées sur l'œuvre accomplie depuis trente ans par la Commission du Mètre et, après elle, par le Comité et par le Bureau international des Poids et Mesures.

» Nous avons publié, M. Guillaume et moi, dans le tome XI des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, un relevé général et une discussion critique de toutes les comparaisons qui ont été faites sur le mètre prototype international, et sur un certain nombre de ses copies de premier ordre en platine iridié. Ce relevé porte sur des opérations qui s'étendent depuis 1879 à 1894, soit sur une période de quinze années. La conclusion en est (1) que les mesures exécutées à diverses époques, dans cet intervalle, par divers observateurs, dans des combinaisons et dans des conditions variées, n'ont montré, dans les valeurs relatives de tous ces étalons, ni marches systématiques avec le temps, ni discordances supérieures aux incertitudes résultant des limites de la précision qu'on peut atteindre aujourd'hui dans les déterminations métrologiques les plus parfaites. Les expériences qui ont été faites encore postérieurement n'ont, jusqu'à présent, infirmé en rien cette conclusion. Dans un *Rapport* que j'ai présenté au mois d'août dernier au Congrès international de Physique, et où j'ai effleuré cette question de la permanence des étalons, on peut lire (2) :

« J'ai indiqué succinctement quelles précautions ont été prises, par le » choix de la matière et par les épreuves auxquelles celle-ci a été sou- » mise, pour tâcher de garantir au prototype, aussi bien qu'à ses copies » de premier ordre, le plus haut degré d'invariabilité avec le temps qu'il » soit possible de réaliser. Je puis ajouter que les nombreuses vérifica- » tions qui ont été faites, au Bureau international, depuis que les pre- » mières de ces règles ont été construites, ne nous permettent pas de » suspecter qu'il se soit produit jusqu'à présent, dans aucune de celles » qui ont fait l'objet de ces études, des variations réelles appréciables. » Elles sont pourtant dans des conditions défavorables relativement au » prototype lui-même, qui, à partir du moment (1889) où il a été sanc- » tionné par les représentants des Gouvernements signataires de la Con-

(1) *Nouvelle détermination des mètres-étalons du Bureau international*, par J. René Benoit et Ch. Ed. Guillaume, p. 16 à 22 (*Trav. et Mém.*, t. XI, 1895).

(2) *De la précision dans la détermination des longueurs en métrologie*, par J. René Benoit (Rapports présentés au Congrès international de Physique, t. I, p. 66 et suiv., 1900).

» vention du Mètre, est resté presque toujours immobile dans son étui » hermétiquement clos, enfermé, à température à peu près constante, » dans un caveau profond, qui ne s'ouvre qu'à de longs intervalles et » après des formalités réglées par la Convention elle-même. »

» Ces citations suffiront, je crois, pour répondre d'une façon complète à l'allégation que j'ai reproduite plus haut.

» Sans aucun doute, en thèse générale, le principe posé par M. Commelin est parfaitement vrai, et j'y contredirai d'autant moins que je l'ai moi-même indiqué, en des termes analogues, dans le rapport cité ci-dessus. Sans doute, la matière, même celle qui nous paraît au premier abord la plus immobile et la plus inerte, est le siège d'une activité intérieure incessante, qui peut se traduire à la longue par des altérations permanentes visibles. Il est certain aussi que, à mesure que nos moyens d'étude se perfectionnent, et que nous arrivons à déterminer de plus en plus exactement des quantités de plus en plus petites, nous devenons capables de découvrir des altérations de ce genre dans des cas où on ne les eût pas soupçonnées autrefois. C'est ainsi que, sur des étalons secondaires, des règles de deuxième ou troisième ordre, en laiton, bronze, ou divers autres alliages, on a constaté des changements spontanés de longueur, avec les années, très réels et appréciables. Mais, même pour ces alliages, qui sont doués de mauvaises qualités métrologiques, il y a des degrés. Généralement, les changements se manifestent, avec une rapidité relative, immédiatement après la construction, puis tendent peu à peu, avec une lenteur croissante, vers une limite. Cette loi — en la généralisant, — jointe à la constatation ci-dessus indiquée, est de nature à nous rassurer encore, pour l'avenir, au sujet de nos prototypes. Dans bien des cas, on peut atténuer beaucoup l'influence de la variabilité en soumettant par avance les règles à certains traitements méthodiques, qui ont pour effet de les faire en quelque sorte vieillir artificiellement, de manière à rendre les variations ultérieures insensibles ou négligeables pendant de très longues périodes. Quoi qu'il en soit, c'est précisément parce que la possibilité de telles variations était bien connue que l'on n'a adopté, pour construire les nouveaux prototypes métriques, l'alliage de platine iridé à 10 0/0 d'iridium proposé par Sainte-Claire-Deville, qu'après avoir soumis cet alliage à de longues et minutieuses épreuves, après l'avoir tourmenté de toutes façons ; c'est pour cela que, à la suite des résultats favorables donnés par ces essais, on n'a reculé ni devant le prix considérable, ni devant les difficultés toutes particulières de la mise en œuvre d'une telle matière. Il semble, autant que la sanction du temps ait permis, jusqu'à présent, de vérifier les espérances qu'on avait conçues, qu'on a réussi autant qu'on pouvait le désirer. A ce point de vue, comme aux autres d'ailleurs, les nouveaux prototypes métriques construits en vertu de l'entente internationale qui a abouti à la Convention diplomatique du Mètre du 20 mai 1875 me paraissent de tout point irréprochables ; et je puis dire, avec mon expérience de vieux métrologiste, entre les mains de qui il en est passé de toutes sortes, que je ne vois guère quels moyens on eût pu employer pour faire mieux. Je ne conçois donc pas par suite de quelle méprise M. Commelin a pu citer, — pour illustrer un principe qui est sans doute

vrai en général, mais dont les effets ou les applications varient à l'infini, — précisément un cas qui y échappe, à ce qu'on peut croire, complètement, et donner, comme exemple, des objets qui sont certainnement, entre tous, au nombre des mieux garantis contre toutes chances de variations avec le temps, et dans lesquels, en tout cas, il a été impossible, jusqu'à l'heure actuelle, d'en déceler les plus légères traces par les moyens les plus délicats que la métrologie moderne mette à notre disposition. Je suis heureux de rassurer M. Commelin, et, avec lui, tous ceux que son assertion aurait pu émouvoir. Selon toute apparence, de nombreuses générations de savants et d'observateurs naitront et mourront, avant que le prototype international cesse de fournir à leurs mesures les plus précises une base assurée et invariable.

» Maintenant, faut-il conclure de là à une permanence absolue et indéfinie ? Garantirions-nous que des altérations qui échappent encore à nos moyens de contrôle, après une vingtaine d'années, ne deviendront pas sensibles, peut être après cinquante ans, cent ans, et plus, que la distance des axes des traits limitatifs du mètre prototype sera, dans deux ou trois siècles, à deux dixièmes de micron près (quantité mesurable avec sûreté sur cet étalon), la même qu'aujourd'hui, et qu'elle définira alors identiquement la même unité de longueur qu'actuellement ? Non, à coup sûr ; ce serait téméraire. Remarquons d'ailleurs que, en dehors des causes, plus ou moins mystérieuses, qui seraient susceptibles de produire dans l'étalon des variations spontanées, il pourrait aussi lui arriver d'être altéré par dos causes accidentelles, par quelque malheur, dont on tâche — cela va sans dire — de le préserver par de minutieuses précautions, mais qui, après tout, n'est point impossible. Il est donc naturel qu'on se soit préoccupé d'assurer la permanence de l'unité, indépendamment de l'étalon matériel qui la représente. C'est cette préoccupation qui, depuis bien longtemps, a inspiré aux métrologistes l'idée de relier l'unité fondamentale à quelque repère, invariable ou supposé tel, pris dans la nature ; par exemple un quadrant du méridien terrestre, ou le pendule battant la seconde en un lieu déterminé. Si des raisons, sur lesquelles il serait beaucoup trop long de m'étendre ici, ont fait abandonner à tout jamais le projet de retrouver éventuellement cette unité, (dans le cas où son étalon viendrait à être altéré ou perdu), en s'appuyant sur l'une ou l'autre des deux bases que je viens d'indiquer, par contre les progrès récents de la haute optique ont rendu à cette vieille idée un regain de vie, et ont permis d'aborder avec succès ce difficile problème, en s'adressant à un ordre de faits tout à fait différent. Les méthodes interférentielles, d'une admirable ingéniosité, imaginées par le professeur Nichelson, de Chicago, nous ont fourni les moyens de fixer la valeur du *mètre* en longueurs d'ondes d'une radiation lumineuse déterminée. Ce travail a été exécuté ici, il y a quelques années, par l'éminent physicien américain lui-même, avec notre collaboration, et a été publié en détail dans nos *Travaux et Mémoires* (t. XI). Peut-être le recommencerons-nous quelque jour, en perfectionnant encore procédés et appareils ; sans doute aussi, nous en contrôlerons les résultats par d'autres méthodes optiques, plus récentes, et dues à d'autres physiciens. Mais, en attendant, il est certain que, dans cette

première étude, et avec l'approximation du millionième, que la discussion des expériences nous autorise à croire atteinte, c'est déjà en vue de nos arrière-petits-neveux que nous avons travaillé.

» Je vous prie d'excuser, Monsieur le Président, la longueur de cette lettre. Vous comprendrez l'importance que j'attache à cette rectification, dans l'intérêt de la grande œuvre d'unification et d'extension universelle du système métrique, pour le succès de laquelle nous avons vu, depuis une trentaine d'années, les plus grands noms de la science française et étrangère associer leurs efforts et leurs compétences diverses, et qui paraît devoir toucher prochainement à son terme définitif. Je vous serais reconnaissant de communiquer ces observations à M. Commelin, de l'erreur duquel nous sommes peut-être, jusqu'à un certain point, responsables, pour lui avoir fourni des renseignements incomplets ou peu clairs. Je regrette que ma rectification arrive si tardivement ; mais je désire qu'elle soit cependant mentionnée dans les procès-verbaux de la Société, dans la forme que vous-même jugerez convenable.

» Je profite de cette occasion pour ajouter que, si ces questions de métrologie de haute précision, qui sont un peu étrangères, en général, aux objets des études des Ingénieurs, avaient cependant de l'attrait pour certains de nos Collègues de la Société, si, en particulier, une visite des laboratoires, certainement curieux dans leur spécialité, que nous avons montés au Pavillon de Breteuil, pouvait les intéresser, je serais, ainsi que mes Collègues du Bureau, très heureux de me mettre à leur disposition et de leur faire les honneurs de notre établissement. Il suffirait que je fusse prévenu et que nous puissions prendre jour pour un rendez-vous.

» Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président et très honoré Collègue, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

» René Benoit,
» *Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.* »

M. Commelin demande à faire remarquer que, dans les quelques mots qu'il a prononcés à la séance du 19 avril, il n'a jamais eu la pensée d'attaquer le mètre-étalon. Il a eu l'honneur d'être reçu par M. Benoit, qui a eu l'obligeance de lui faire visiter les laboratoires du Pavillon de Breteuil et de lui donner des indications très intéressantes qui confirmaient certaines observations faites dans son laboratoire à d'autres points de vue. Notre Collègue tient à déclarer que, loin de vouloir mettre en doute un travail aussi considérable et aussi minutieux que celui qui est fait au Bureau international des Poids et Mesures, il l'a au contraire assez admiré pour conseiller à nos Collègues d'aller s'en rendre compte par eux-mêmes, puisque M. Benoit veut bien nous y inviter.

Laissant de côté le mètre-étalon et revenant au point qu'il avait examiné, M. Commelin constate que M. Benoit est d'accord avec lui lorsqu'il écrit dans sa lettre : « Sans aucun doute, en thèse générale, le principe posé par M. Commelin est parfaitement vrai, et j'y contredirai d'autant moins que je l'ai moi-même indiqué en des termes analogues ».

En résumé, ce que notre Collègue a voulu dire le 19 avril, c'est que

la matière, sous des influences qui nous échappent, travaille et travaille continuellement, se transformant sans cesse sous une action que nous ne pouvons saisir; il ajoute que, si ce travail n'existait pas, ce serait l'inertie, tandis que tout ce qui nous entoure représente la vie, ou, pour mieux dire, le travail perpétuel.

M. LE PRÉSIDENT constate avec plaisir que M. Benoît et M. Commelin sont d'accord, à la fois sur le principe général du travail permanent de transformation de la matière, et sur l'efficacité des précautions prises pour soustraire le mètre-étalon à cette influence perturbatrice.

Il remercie d'autre part, au nom de la Société, M. Benoît de son aimable invitation.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. :

Laurent (Auguste), Membre de la Société depuis 1882, ancien chef de section à la Compagnie du Chemin de fer du Nord (travaux neufs) ;

Thuillier, Membre de la Société depuis 1897, ancien élève de l'École Centrale (1894), entrepreneur de plomberie.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société que M. G.-L. Pesce a été nommé Chevalier de la Légion d'Honneur et Officier de Saint-Charles de Monaco ; il lui adresse les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance ; cette liste figurera dans un prochain Bulletin.

Le Ministère des Colonies a fait parvenir à la Société l'avis suivant, relatif à des adjudications :

1° Le 23 juillet 1901, à Paris et à Hanoï, adjudication des travaux d'infrastructure, bâtiments, ballastages et pose de voie de la ligne de Tourane à Hué et à Quang-Tri (section de Tourane à Hué, longueur 104,578 *km*) ;

2° Le 17 août 1901, à Hanoï, adjudication de la construction des grands ponts, fourniture et pose des tabliers métalliques des petits ouvrages de la ligne de Tourane à Hué et à Quang-Tri (section de Tourane à Hué) ;

3° Le 17 août 1901, à Hanoï, adjudication des travaux de construction des grands ponts métalliques de la ligne de Hanoï à Nam-Dinh et à Vinh ;

Le cahier des charges de ces adjudications est déposé au Ministère des Colonies (Inspection générale des Travaux publics) ; à la Direction de l'Office National du Commerce extérieur, rue Feydeau, n° 3 ; à l'Office Colonial, Galerie d'Orléans, Palais-Royal, à Paris ; aux Chambres de Commerce de Paris, Lyon, Alger, Lille et Dunkerque, ainsi que dans les ports de Marseille, Bordeaux, Nantes et Le Havre, au bureau du chef de service colonial et à la Chambre de Commerce.

M. le Maire d'Oran nous informe qu'un concours sur titres et états de services antérieurs est ouvert pour l'emploi de directeur des travaux de la ville d'Oran, au traitement annuel de début de 6 000 *f*. Les candidats devront avoir déposé au secrétariat de la Mairie d'Oran, avant le 15 juin prochain, avec leur demande au maire, toutes pièces utiles (originaux ou copies dûment certifiées) : diplômes, certificats, état indicatif des

situations occupées jusqu'à ce jour, des études et travaux effectués, lettres de service, casier judiciaire, etc.).

Notre Collègue M. Jules Guillon doit partir pour Hanoï dans les premiers jours de 1902. M. Guillon se met à la disposition des Membres de la Société pour leur donner tous les renseignements dont ils pourraient avoir besoin relativement à l'Exposition qui doit se tenir l'année prochaine dans cette ville.

M. R. Arnoux a la parole pour sa Communication sur les *Courses d'automobiles et leurs programmes*.

M. Arnoux tient à faire observer d'abord que jusqu'ici, dans les concours d'automobiles, on s'est attaché à attribuer au facteur vitesse une valeur prépondérante, exclusive en quelque sorte, sans se préoccuper aucunement des dépenses et des sacrifices qu'il faut consentir pour l'obtenir. Les conséquences d'un tel programme ont été la réalisation d'automobiles munies de moteurs de plus en plus puissants permettant d'avoir des vitesses qui atteignent aujourd'hui une moyenne de 70 *km* et atteindront 100 *km* demain ; la difficulté n'est donc plus maintenant de construire de pareilles voitures, mais de trouver des hommes capables de les conduire à ces allures, pendant plusieurs heures de suite.

La question vitesse est évidemment importante, mais celle de la consommation correspondante en combustible ne l'est pas moins, et l'on s'en est rendu compte puisque, l'année dernière, l'Automobile-Club a institué des courses de consommation sur lesquelles MM. G. de Chasseloup-Laubat et Forestier nous ont documentés.

Notre Collègue s'est demandé s'il ne serait pas possible d'obtenir un classement rationnel à l'aide d'une formule simple dont les termes seraient tous d'un contrôle facile et précis. Le véritable rôle d'une voiture automobile, dit M. Arnoux, celui qu'on exigera demain des constructeurs, sera de transporter le plus grand poids à la plus grande vitesse et à la plus grande distance avec le minimum de consommation correspondante en pétrole et en huile de graissage. Comme il n'y a pas de raison, suivant notre Collègue, pour donner à ces différents facteurs une importance différente en valeur relative, il admet que le coefficient ou la caractéristique de mérite d'une voiture automobile sera proportionnel au poids utile P transporté, à la vitesse moyenne V, au chemin parcouru L, et en raison inverse de la somme des poids $(p+p')$ de pétrole et d'huile de graissage consommés, de sorte que la valeur C_m de cette caractéristique est donnée par la formule :

$$C_m = \frac{P.V.L.}{p+p'} = \frac{PL^2}{(p+p')\,T.},$$

T désigne la durée du trajet L effectué.

M. Arnoux ajoute que cette formule n'a aucune signification mécanique, mais il estime qu'elle a, par contre, un intérêt pratique important et beaucoup plus complet que la valeur de la consommation de pétrole rapportée à la voiture-kilomètre, ou même à la tonne-kilomètre, qui ne tient aucun compte de la vitesse avec laquelle cette voiture ou cette tonne a été déplacée. Elle ne fait pas intervenir la puissance du moteur qui peut être quelconque, pourvu qu'il consomme le même com-

bustible. Elle permet également la comparaison de voitures de poids différents ayant concouru soit dans une même course, soit dans des courses et sur des terrains différents, si le point de départ est également le point de retour, auquel cas la somme des travaux dus à l'action de la pesanteur est nul. Les différents facteurs qui entrent dans cette formule étant tous d'une mesure et d'un contrôle facile, précis et à la portée de tous, le constructeur comme l'acheteur peuvent s'en servir pour chiffrer la valeur d'une voiture.

Un concours basé sur cette formule de comparaison aurait, pense M. Arnoux, un autre avantage, celui d'obliger les constructeurs à faire une étude dynamique très attentive du moteur et des organes de transmissions employés, tels que engrenages, courroies, chaines, etc., de façon à porter au maximum possible le rendement dynamique de ces différents organes.

Notre Collègue examine ensuite les perfectionnements et modifications susceptibles d'améliorer ces différents rendements.

Pour le moteur, il estime que les compressions employées sont beaucoup trop faibles, et que, sans aller jusqu'aux compressions de 30 et 40 *atm* qui ont permis à M. Diesel de faire descendre la consommation de 500 à 200 *g* de pétrole par cheval-heure, les compressions de 9 à 10 *atm* permettant déjà d'obtenir une consommation de 300 *g*, tout en conservant l'avantage de l'inflammation spontanée du mélange tonnant qui assure au moteur une marche remarquablement sûre et régulière.

M. R. Arnoux signale également une perte provoquée par l'inertie de la soupape d'aspiration. Celle-ci ne se ferme pas instantanément au moment du retour du piston pour la compression; elle laisse donc à ce dernier le temps de refouler dans l'atmosphère et à travers le carburateur une partie du mélange tonnant aspiré. Le remède à cette perte serait de commander mécaniquement la soupape d'aspiration par un mécanisme identique à celui de la soupape d'échappement.

Pour les organes de transmission tels que les engrenages, les chaines, les courroies, etc., leur rendement pourrait être notablement amélioré, attendu que les constructeurs font travailler la matière à des coefficients très élevés. Il suffirait pour cela d'augmenter convenablement les diamètres des pignons et poulies, généralement beaucoup trop petits. Des déterminations expérimentales effectuées par notre Collègue sur un couple de pignons lui ont permis de constater qu'en faisant varier de 1 à 10 l'effort à la circonférence primitive de la denture, le rendement descend de 97 à 64 0/0. Pour les courroies, M. R. Arnoux signale cet exemple d'une de nos grandes maisons françaises qui a vu la vitesse de ses voiturettes passer de 25 à 35 *km* à l'heure après augmentation convenable du diamètre de poulies reliées par une courroie de transmission.

Enfin M. R. Arnoux termine par les pneumatiques de roues motrices qui sont aussi des organes de transmission et dont le rendement dépend presque exclusivement de celui du caoutchouc des pneumatiques. D'après ses recherches personnelles, il estime que ce rendement peut descendre de 94 à 81 0/0 quand on fait varier le travail à transmettre de 229 à 414 *kgm* par kilogramme de caoutchouc. Puis il fait ressortir l'influence

prépondérante qu'exerce, sur le rendement d'un pneumatique, l'entoilage de l'enveloppe, et particulièrement l'entoilage constitué par le tissu dit fil biais.

M. L. de Chasseloup-Laubat dit qu'il regrette l'absence de son frère et de M. Forestier, qui auraient pu développer des considérations intéressantes sur la communication et la formule de M. Arnoux. Mais, comme il a fait partie lui-même de l'ancien Comité de la course Levassor (1), et comme il est membre du Comité et de la Commission technique de l'Automobile-Club de France depuis sa fondation, il se permettra de présenter les quelques observations suivantes :

Les courses trop fréquentes ne sont pas désirables ; pourtant, de l'avis des constructeurs et de la Commission technique, elles ont été jusqu'à présent et sont encore aujourd'hui indispensables, à condition, bien entendu, d'en faire des essais à outrance sur des parcours très longs, de façon à éliminer, on peut même dire à détruire, tous les véhicules trop faiblement construits pour un bon service courant.

A ce point de vue, la première course Versailles-Bordeaux-Paris, où M. de Chasseloup-Laubat était chargé du contrôle des pièces mécaniques, a été l'idéal, puisque les véhicules ont fait, durant une cinquantaine d'heures consécutives, environ 1 200 *km*.

Aujourd'hui on a sagement renoncé à faire courir pendant la nuit les véhicules trop rapides pour pouvoir se lancer à toute vitesse autrement qu'en plein jour ; mais, à l'aide de très longues étapes, on a toujours maintenu le système d'épreuves à outrance sur de très longs parcours.

Il ne faut donc pas médire de la course, car c'est à elle, et à elle seule, que sont dus ces véhicules et ces moteurs d'une légèreté, d'une puissance et d'une résistance incroyables, véhicules capables de parcourir en une seule traite, sans avarie, 7 à 800 *km* en 10 ou 12 heures — ce que ne paraissent pas pouvoir faire les locomotives.

Pourtant, l'Automobile-Club ne s'est jamais désintéressé des concours, ou plutôt des épreuves dans lesquelles la vitesse n'est point le seul élément pris en considération : la Commission technique et les Commissions des concours ont examiné un grand nombre de formules proposées, et dont plusieurs se rapprochaient sensiblement de celle de M. Arnoux. Ces formules ont été rejetées, parce qu'il n'est pas juste de donner le même exposant aux divers facteurs P. V. L., quelle que soit la catégorie de véhicules, et quel que soit le but que le constructeur se propose d'atteindre. En outre, d'une façon générale, pour être juste, si P et L ont chacun l'exposant 1, V devra avoir l'exposant 2 ou 3, étant donnés les grands sacrifices que nécessite l'obtention de ce facteur V. Enfin, en matière d'automobile, il y a surtout lieu de tenir compte des pannes, c'est-à-dire des avaries en cours de route : or, la formule de M. Arnoux n'en tient compte que d'une façon tout à fait indirecte. Par exemple, une voiture marchant à 40 *km* à l'heure, tant qu'elle marcherait, mais ayant une demi-heure de panne par heure, serait classée de

(1) C'est la première grande course automobile. Elle eut lieu en 1895 sur le parcours Versailles-Bordeaux-Paris, et fut brillamment gagnée par notre regretté Collègue Levassor. C'est pourquoi les automobilistes la désignent souvent sous le nom de « course Levassor ».

la même façon, en ce qui concerne le facteur V, qu'une autre voiture faisant 20 *km* à l'heure sans avaries, ce qui est tout à fait inadmissible.

C'est pour cela que, très justement, dans les concours, l'Automobile-Club met en vedette, par des procès-verbaux spéciaux, le temps que durent les pannes, de façon à laisser le public et les acheteurs juger les voitures à ce point de vue.

En résumé, M. de Chasseloup-Laubat estime que la formule de M. Arnoux, quelque séduisante qu'elle puisse paraître grâce à sa simplicité, ne saurait être prise comme base de classification.

M. R. Arnoux répond que sa formule n'a pas de signification mécanique, mais il lui attribue une signification pratique importante ; elle lui paraît plus rationnelle et plus complète que celle qui donne la consommation par voiture-kilomètre ou par tonne-kilomètre. La consommation par tonne-kilomètre est, en effet, inversement proportionnelle à la valeur de l'automobile, de sorte que la formule proposée est en quelque sorte l'inverse de cette consommation multipliée par la vitesse.

Il n'est, d'ailleurs, pas nécessaire de donner au facteur vitesse une importance particulière et un exposant différent de celui des autres facteurs, car les tableaux de M. Forestier montrent que, sur 30 motocycles, quadricycles et voitures de tourisme de toutes catégories, 15 avaient une consommation croissante avec la vitesse moyenne, 4 une consommation sensiblement constante, et 11 une consommation décroissante.

M. le Président fait remarquer qu'il ne paraît pas *a priori* intéressant de trouver une formule pour faire rentrer toutes les voitures dans un même classement, aussi bien celles destinées à aller vite avec un faible chargement que celles destinées à un service de transports industriels pour lequel la charge est plus intéressante que la vitesse.

La commission technique de l'Automobile-Club divise les voitures en plusieurs groupes d'après leur destination et ne compare entre elles que les voitures d'un même groupe. Cette méthode paraît rationnelle.

M. le Président fait remarquer en outre que, dans la formule proposée par M. Arnoux, aucun coefficient ne représente les dépenses d'entretien, qui sont cependant au moins aussi intéressantes que celles de rendement. Il rappelle à ce sujet la lettre de notre Collègue M. Honoré, qui a été lue dans la séance du 15 mars. Si, comme le dit M. L. de Chasseloup-Laubat, les courses de vitesse arrivent à faire diminuer les dépenses d'entretien en apprenant aux constructeurs à rendre leurs mécanismes plus robustes, elles rendront service à l'automobilisme industriel autant qu'à celui de plaisance.

M. R. Arnoux dit que la discussion provoquée par la première partie de sa communication montre tout l'intérêt que présenterait une bonne formule de classement tenant compte dans une seule course de tous les éléments en jeu, de façon à mettre à l'abri de toute contestation les décisions du Jury d'un concours dont le rôle est uniquement de chiffrer officiellement des résultats acquis.

Si la formule qu'il propose ne tient pas compte des dépenses d'entretien, c'est parce que celles-ci ne peuvent pas se chiffrer par les résultats

d'une course de quelques heures, mais par l'usage prolongé de la voiture.

Enfin, la formule proposée n'exclut nullement le classement dans les concours par catégorie, actuellement adoptés, mais elle permet, en outre, de comparer entre elles des voitures de destinations très différentes, puisque dans tous les cas le desideratum commercial est et restera toujours de transporter le plus grand poids utile à la plus grande vitesse et à la plus grande distance avec le minimum de consommation.

M. R. Soreau dit qu'il avait demandé la parole pour montrer l'inutilité d'une formule générale, ce que M. le Président a fait avec beaucoup plus d'autorité. Il ajoute que MM. de Chasseloup-Laubat et R. Arnoux semblent s'être placés à des points de vue différents : le premier, en évoquant, au cours de sa réponse, les lois où la vitesse entre à un exposant voisin de 3, avait dans l'esprit les formules tirées de considérations mécaniques sur le travail ; le second n'a en vue qu'une formule qui donne une caractéristique de mérite. Mais cela ne simplifie pas la question, bien au contraire, car le mérite n'est pas quelque chose d'absolu, susceptible d'être bien défini et par conséquent d'être exactement calculé. Il dépendra en particulier de l'utilisation qu'on se propose : les uns désireront une grande vitesse, les autres voudront déplacer du poids à une allure modérée. Pour la consommation en pétrole et en huile de graissage, il serait plus logique de faire intervenir la dépense que les poids, qui sont insignifiants par rapport au poids du véhicule, et cela conduit à multiplier p et p' par des coefficients différents, sur la valeur desquels il faudrait d'abord s'entendre.

Non seulement une formule générale est d'une nécessité pratique contestable, mais encore elle ne peut être simple, et il est difficile de reconnaître le moindre caractère de généralité à celle qui est proposée.

M. le Président remercie M. Arnoux de sa communication, dont la première partie a soulevé une importante discussion, et dont la seconde partie contient des renseignements auxquels la réunion s'est vivement intéressée.

M. le Président donne la parole à M. A. Gouvy, pour sa communication sur *la Sidérurgie dans l'Oural méridional*.

M. A. Gouvy indique d'abord la situation géographique des usines de l'Oural méridional ; elles se trouvent toutes sur les couches de minerai qui forment le prolongement de couches bien connues de Bokal, exploitées depuis de longues années par l'État. Il mentionne à cette occasion la nouvelle mine de Komarovo, dont la richesse a été déterminée il y a deux ans par les travaux de notre Collègue Ernest Hardy. Toutes ces usines de l'Oural méridional sont placées sur les minerais de cette formation, et, en partie, sur les minerais de Magnitnaïa, consommés aux usines de Bieloretzk.

L'unique combustible est le bois ; la fabrication de charbons de bois pour les hauts fourneaux y joue donc un rôle des plus importants. L'étude technique de cette fabrication sera donnée au Bulletin, et M. Gouvy se borne à faire projeter 41 photographies classées suivant les chapitres de son mémoire.

Il indique ensuite comment se font l'exploitation des mines à ciel ouvert, puis l'exploitation forestière, et en particulier celle des forêts appartenant aux peuplades Bashkires, enfin le flottage des bois et la carbonisation en four.

Passant à la question technique, notre Collègue indique sommairement le mode de construction des hauts fourneaux, monte-charges, ponts, etc. Il mentionne l'installation des chaudières Babcock et Wilcox et de machines soufflantes à marche rapide jusqu'à 50 tours, installation qu'il a faite aux deux usines construites sous sa direction.

Passant enfin à la question des transports, il expose le mode de construction des barques destinées à l'expédition des fers et fontes par la rivière Biélaïa, qui n'est navigable qu'à la descente pendant environ trois semaines au printemps, dans sa partie supérieure. Les difficultés créées par cet état de choses, notamment au point de vue des fonds de roulement nécessaires aux usines et des risques courus, appellent impérieusement la création d'un chemin de fer dont M. Gouvy indique le tracé principal, et sans lequel les richesses minérales et forestières de l'Oural méridional ne pourront être utilisées rationnellement.

M. le Président remercie M. Gouvy du très intéressant voyage qu'il vient de nous faire faire dans un pays peu connu et au milieu d'une organisation industrielle très différente de celle au milieu de laquelle nous vivons.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. G. Alfassa, L. Veyron, J.-H.-C. Wittmann, comme Membres sociétaires, et de M. J.-H. Malinge, comme Membre associé.

MM. R.-N.-Z. Caillette et X. Wehrlé sont reçus Membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

CONSERVATION DES BOIS

PAR LE

PROCÉDÉ RÜTGERS

PAR

M. H. BESSON

L'emploi des bois exposés aux intempéries, tels que, traverses de chemins de fer, poteaux pour lignes électriques, pavés de bois, etc., suit une marche toujours croissante, grâce au développement continuel des chemins de fer, des tramways, des télégraphes, téléphones, installations de lumière électrique et de transport de force, et du pavage en bois. On est donc en droit de se demander s'il ne faut pas faire les plus grands efforts pour assurer la plus grande durée possible au bois, car, s'il est rapidement coupé et débité, il est lent à croître, et son prix ne peut que s'augmenter avec sa rareté.

Avant de passer à la description du procédé Rütgers, nous dirons quelques mots des procédés employés jusqu'à ce jour pour la conservation des bois.

Tout d'abord, on avait pensé enduire simplement les bois, exposés aux intempéries, d'une couche de substances imperméables et imputrescibles; ce procédé, encore employé aujourd'hui pour les bois de faible épaisseur exposés simplement à l'air, a été bien vite reconnu insuffisant pour les bois de forte épaisseur ou placés dans le sol.

Depuis les temps les plus reculés, les constructeurs de palissades et autres ouvrages analogues ont eu l'habitude de carboniser la surface des pieux, palplanches, etc., en les passant dans la flamme d'un brasier. Ajoutons tout de suite que ce procédé est fort recommandable, faute de mieux, lorsqu'il s'agit d'élever une construction provisoire, dans un endroit éloigné des centres industriels ou privé de moyens de communication.

Pour les bois exposés à la pluie ou aux attaques des insectes, on employa tout d'abord, et on emploie encore dans bien des cas, la peinture à l'huile de lin. Enfin, depuis une trentaine d'an-

nées, s'est généralisé l'emploi du goudron de houille et de ses dérivés. De tous temps, la marine a employé pour ses bois et ses cordages le goudron de bois, produit excellent, mais cher. On y a substitué, par raison d'économie, le goudron de houille, et, enfin, plus récemment, les dérivés de ce dernier, l'huile lourde de goudron appelée aussi créosote, et certains produits analogues nommés carbonyle, carbolineum, créosotyle, par leurs inventeurs. Ces derniers produits s'appliquent avec succès contre la pourriture, les champignons, la moisissure, les vers, les insectes et les germes de maladies infectieuses.

Dans certains cas, on se contente de les appliquer à froid, à la brosse, sur les objets à préserver; mais quand cela est possible, surtout quand il s'agit des échalas pour vignobles et des objets de bois pénétrant partiellement dans le sol, il vaut mieux faire chauffer le produit et y plonger les objets à imprégner. La pénétration de la substance préservatrice est alors plus profonde.

Ces enduits sont utilisés principalement pour les échalas, palissades, cloisons, voitures en planches, carton bitumé, vannes. passerelles, baraquements, bois pour galeries de mines, instruments agricoles, chenils, poulaillers, écuries, caisses à fleurs, portes, fenêtres et barrières rustiques.

Leur emploi est à recommander aussi pour les bateaux en bois, les cordages de marine, les wagons de marchandises et de bestiaux.

Lorsque ces substances sont appliquées à froid, il est d'usage de les étendre à raison de 1 *kg* par 8 ou 10 m^2 de bois à préserver.

Pour l'imprégnation superficielle des planchers, on emploie depuis fort longtemps l'encaustique. Cette matière donne un bon résultat, à condition d'être fréquemment renouvelée, mais a l'inconvénient de coûter cher, lorsqu'il s'agit de l'étendre sur de grandes surfaces; enfin, elle n'est pas suffisamment antiseptique pour les salles d'hôpitaux, les casernes, etc.

Les docteurs Follenfant et Vallin, qui ont étudié tout spécialement la question de l'entretien hygiénique des planchers, ont recommandé de les enduire de paraffine bouillante, ou encore d'un mélange de paraffine et d'huile lourde de houille. A la suite des recherches faites par ces savants, un industriel, M. Coppin, a inventé un produit, appelé par lui *encaustique pulvérifuge*, et formé de cire minérale et de produits antiseptiques extraits du goudron de houille. Dans les casernes, les planchers sont imperméabilisés et aseptisés au moyen d'un mélange de coaltar et d'huile lourde de houille.

Les procédés décrits ci-dessus, parfaitement admissibles lorsque le bois à conserver est de faible épaisseur, d'un accès facile pour son entretien, et surtout n'est pas placé dans le sol, sont, au contraire, insuffisants pour la préservation des traverses de chemin de fer, des poteaux télégraphiques, des pavés de bois et, en général, de tous les objets placés en terre, complètement noyés dans l'eau, comme les pilotis, ou enfin de grandes dimensions, comme les poteaux de lignes électriques.

Depuis l'année 1838, date de l'invention du procédé John Bethell, bien des substances ont été employées pour assurer l'imputrescibilité des bois ; de toutes ces substances, la plus efficace est sans contredit la *créosote* ou *huile lourde de goudron de houille.* C'est sur l'emploi de cette substance, injectée sous pression dans l'intérieur du bois, que repose le procédé Bethell.

Parmi les autres substances antiseptiques employées, nous citerons en première ligne, le *sulfate de cuivre*, qui a donné de bons résultats, et qui est encore employé exclusivement en France pour l'injection des poteaux télégraphiques et pour une grande partie des traverses de chemin de fer de la Compagnie du Midi.

Le procédé employé pour l'injection du sulfate de cuivre dans les poteaux est celui du docteur Boucherie.

L'injection au sulfate de cuivre est plus économique que celle à la créosote, mais le sulfate a l'inconvénient d'être partiellement enlevé par l'humidité, et de provoquer une attaque assez rapide des crampons et tirefonds, lorsqu'il s'agit de traverses de chemin de fer.

Le *chlorure de zinc*, préconisé par William Burnett, est employé pour les traverses de chemin de fer en Allemagne, Autriche, Russie, Hollande et Danemark. Il est plus économique que le sulfate de cuivre, mais présente les mêmes inconvénients de solubilité. En Hollande, on injectait jusqu'à ces dernières années 9 *l* de solution de chlorure de zinc à 3 0/0 par traverse de chêne. Sur les chemins de fer de l'État danois, on injectait environ 25 *kg* de la même solution par traverse de sapin.

Le *mélange de chlorure de zinc et de créosote*, dû à M. Rütgers, a été substitué presque partout à l'emploi du chlorure de zinc pur. En effet, la créosote ajoute ses propriétés antiseptiques à celles du chlorure de zinc, et a l'avantage d'empêcher ce dernier d'être dissout par l'eau. C'est ce mélange qui est employé pour l'injection des traverses par les chemins de fer de l'État fran-

çais, par les chemins de fer de l'État prussien, et pour l'injection des poteaux télégraphiques en Allemagne.

En dehors de ces trois substances, qui sont à peu près les seules employées actuellement dans le monde entier pour l'injection sous pression, il convient de citer d'autres antiseptiques dont l'emploi ne s'est pas généralisé; ce sont le *sublimé corrosif ou bichlorure de mercure, l'acétate de plomb et l'acétate de cuivre.*

Enfin, le docteur Zironi, de Milan, a proposé en 1894 un nouveau procédé consistant à injecter dans le bois, préalablement privé de sève par l'action de la chaleur et du vide, *une dissolution de résine dans un hydrocarbure.* L'injection par ce procédé s'opère en deux heures en moyenne; une fois le bois saturé, on laisse couler le liquide et l'on introduit un jet de vapeur qui entraîne le dissolvant, tandis que la résine reste dans les pores du bois.

En dehors de ces substances, qui ont pour effet principal d'empêcher la pourriture des bois, nous signalerons celles qui sont destinées à le rendre incombustible. Ces substances sont, le *phosphate d'ammoniaque, les sulfate et borate d'ammoniaque, le borate de soude, les silicates de soude et de potasse.*

Principales méthodes d'injection.

Nous décrirons sommairement les méthodes suivantes, les plus employées actuellement pour l'injection des bois, à savoir :

Le procédé Blythe ;
Le procédé John Bethell ;
Le procédé du docteur Boucherie ;
Le procédé Hermann Liebau ;
Le procédé Nodon et Bretonneau.

Enfin, nous nous étendrons plus particulièrement sur le procédé *Rütgers*, qui fait l'objet de cette étude.

Le procédé *Blythe* est appliqué par la Compagnie des Chemins de fer du Nord. Il consiste à soumettre les traverses à l'action de la vapeur surchauffée à plus de 200° ; cette vapeur a barbotté dans un réservoir à créosote. Ensuite, on fait écouler l'eau provenant de la condensation de cette vapeur, et on introduit dans le récipient d'injection la créosote, sous pression de vapeur.

Le procédé *John Bethell* date, comme nous l'avons dit, de 1838. Il est encore employé pour l'injection des traverses de la plupart des chemins de fer français, et notamment par la Compagnie de

l'Est, qui injecte elle-même tous ses bois dans ses ateliers de Port-d'Atelier et d'Amagne. Ce procédé a été déjà fréquemment décrit ; cependant, nous estimons que, vu son importance, nous ne pouvons le passer sous silence dans cette étude. Nous empruntons à la *Revue générale des chemins de fer* (février 1890) la description du procédé tel qu'il est appliqué par la Compagnie de l'Est.

Les traverses sont empilées aux lieux de livraison, en piles mortes de 1,80 *m* de hauteur minima, sur des sous-traits, et séchées d'abord à l'air libre. Elles sont ensuite entaillées et percées à la machine à saboter, puis chargées sur des petits chariots à voie de 0,92 *m*, qu'on transporte, au moyen de lorrys, dans une étuve où elles restent 24 heures au minimum.

Après le séchage à l'air chaud, à une température maxima de 80°, les chariots sortant de l'étuve sont immédiatement introduits dans un grand cylindre en tôle de 1,90 *m* de diamètre sur 11 *m* de longueur, qu'on ferme hermétiquement avec deux couvercles mobiles. On fait ensuite le vide dans le cylindre au moyen d'une pompe à double effet, jusqu'à ce que la pression soit réduite à 0,11 *m* de mercure.

Le vide est maintenu pendant une demi-heure environ. On ouvre alors une vanne de communication, placée entre le cylindre de tôle qui contient les traverses et les réservoirs d'huile lourde de goudron. L'huile est chauffée à 80° centigrades, et le cylindre est rempli par la pression atmosphérique jusqu'à une certaine hauteur.

Lorsque le niveau de l'huile ne s'élève plus dans le cylindre, on ferme la vanne de communication avec les réservoirs d'huile et on termine le remplissage avec une pompe aspirante et foulante à simple effet. La pression est portée jusqu'à 6 *kg* par centimètre carré et on la maintient de 1 heure à 1 h. 15 environ.

Quand les traverses ont absorbé la quantité d'huile nécessaire, on arrête la pompe foulante et on ouvre la vanne de communication avec les réservoirs, en même temps qu'un robinet d'air placé à la partie supérieure du dôme du cylindre. L'huile en excédent retourne dans les réservoirs. On ouvre ensuite les deux fonds du cylindre en tôle et on retire les chariots chargés de traverses préparées. On peut commencer aussitôt une nouvelle opération.

Le cylindre contient quatre chariots, chargés chacun en moyenne de 42 traverses; on peut donc préparer par opération 168 traverses.

La quantité d'huile absorbée se mesure au moyen d'un flotteur dont l'indice se déplace sur une règle verticale, divisée en centimètres, qui est posée sur le réservoir d'huile. En prenant le niveau de l'huile dans le réservoir, avant et après l'opération, on détermine par différence le volume absorbé par les traverses renfermées dans le cylindre.

Les essences utilisées sous forme de traverses sont principalement le chêne et le hêtre.

Les traverses en chêne absorbent de 6 à 7 *l* par pièce de 2,55 *m* × 0,230 *m* × 0,140 *m* (dimensions moyennes), soit 80 à 90 *l* par mètre cube.

Les traverses en hêtre absorbent de 25 à 30 *l* par pièce de 2,65 *m* × 0,235 *m* × 0,145 *m* (dimensions moyennes), soit 290 à 330 *l* par mètre cube.

La durée d'une opération, comprenant le chargement du cylindre, le vide, la pression, la vidange, l'ouverture des fonds et le déchargement, est d'environ 4 heures.

Ce mode de préparation est pratiqué par la Compagnie depuis 1865.

Il a procuré des traverses qui se sont bien conservées, car, après quinze ans de service, les quantités hors de service se sont élevées au plus à 15 par mille pour le chêne créosoté, et à 50 par mille pour le hêtre créosoté.

Le procédé du *docteur Boucherie* s'applique à l'injection par le sulfate de cuivre ; il est employé, comme nous l'avons vu plus haut, pour la totalité des poteaux télégraphiques et téléphoniques français, pour la plupart de ceux employés en Autriche, et une grande partie de ceux d'Allemagne.

L'administration des lignes télégraphiques françaises est propriétaire du procédé du docteur Boucherie, en ce qui concerne les poteaux destinés à son service. Les prescriptions qu'elle édicte font l'objet d'un cahier des charges remis à chacun de ses fournisseurs de poteaux.

La quantité exigée de sulfate de cuivre est de 1 *kg* par 100 *kg*, proportion qui ne doit pas être dépassée de plus de 15 à 20 0/0.

Les arbres, destinés à être transformés en poteaux télégraphiques, sont transportés aux chantiers et mis en injection sitôt après l'abatage; ils sont mis en communication avec une cuve renfermant la dissolution de sulfate de cuivre ; cette dissolution doit atteindre dans la cuve une hauteur égale à celle du poteau lui-même. L'injection doit se faire par le gros bout de l'arbre, de

façon a chasser la sève vers le petit bout. L'injection une fois terminée, les arbres sont mis de côté pendant un mois, et dépouillés de leur écorce seulement au bout de ce temps. Les poteaux fraîchement écorcés ne doivent pas être exposés au soleil, afin d'éviter les fentes et le gauchissement.

Les entrepreneurs doivent garantir à l'administration la parfaite conservation des bois injectés pendant cinq ans. Pendant la première année, il ne doit pas se trouver un seul poteau mis hors service. Pendant la deuxième année, un poteau sur 1 000 seulement peut être mis hors service; pendant la troisième année 4 sur 1 000; pendant la quatrième année 9 sur 1 000 et pendant la cinquième année 16 sur 1 000.

Dans le cas où le nombre des poteaux réformés annuellement dépasserait la proportion ci-dessus, les adjudicataires seraient tenus de restituer la valeur du surplus du déchet à l'administration.

En dehors de l'injection des poteaux pour lignes électriques, le sulfate de cuivre s'emploie aussi pour la conservation des traverses, mais alors le procédé du docteur Boucherie n'est pas employé, et l'injection se fait par vide et pression, exactement comme pour la préparation à la créosote.

Jusqu'en 1875, la Compagnie P.-L.-M. a employé le sulfate de cuivre pour une partie de ses traverses en hêtre, et la Compagnie des Chemins de fer du Midi l'emploie encore aujourd'hui pour ses traverses en pin des Landes.

Il est possible de faire pénétrer environ 35 *kg* de dissolution de sulfate à 1,5 0/0 dans chaque traverse, ce qui correspond à 500 ou 600 *g* de sulfate de cuivre. Le prix du sulfate étant aujourd'hui d'environ 70 *f* les 100 *kg*, la dépense de sulfate par traverse est d'environ 0,35 *f* à 0,40 *f*.

Compris les frais de préparation, l'injection coûte de 0,60 *f* à 0,80 *f* par traverse.

Le procédé *Hermann Liebau*, de Magdebourg, s'applique aux poteaux télégraphiques.

M. Liebau remplace l'imprégnation extérieure sous pression par l'injection du liquide antiseptique dans un petit canal foré au centre de la partie qui doit être enfoncée dans le sol. L'injection se fait après le placement du poteau, au moyen d'un trou qu'on fore sur le côté et qui va rejoindre le canal, fermé au bas par une cheville.

L'absorption par le bois a lieu de l'intérieur vers l'extérieur

et commence ainsi par la partie particulièrement sujette à la pourriture. La faible pression due à la colonne liquide renfermée dans l'espace central suffit pour obtenir la pénétration dans toute la section du tronc.

Ce procédé est décrit dans *le Génie Civil* de décembre 1891, auquel nous empruntons ce qui précède.

Le procédé *Nodon et Bretonneau* diffère essentiellement de tous ceux qui ont été employés jusqu'ici; il est fondé sur l'action du courant électrique et a été appelé par ses auteurs: « Méthode de sénilisation rapide des bois ».

Le matériel, utilisé pour son emploi, consiste principalement en une cuve étanche et isolée électriquement, contenant le bain de traitement dans lequel sont les bois, placés entre deux électrodes. Cette cuve est en bois doublé de plomb. Elle est isolée du sol par de doubles godets en porcelaine semblables à ceux employés pour les batteries d'accumulateurs.

La cuve est chauffée à la vapeur au moyen de serpentins en cuivre placés horizontalement dans le fond de celle-ci. Les serpentins sont reliés extérieurement à une conduite générale de vapeur par des raccords que l'on démonte après que les bois ont atteint une température d'environ 35°, de façon à isoler électriquement le serpentin de la conduite générale pendant l'opération électrolytique. Le chauffage de la cuve se fait pendant l'opération de chargement et de déchargement des bois.

Les bois à traiter sont chargés sur des châssis à claire-voie recouverts d'une gaine de plomb formant la première électrode. Ces châssis à claire-voie sont préparés en dehors de la cuve et placés dans celle-ci lorsque leur chargement est complet. A cet effet, les châssis sont transportés du lieu de chargement à la cuve au moyen d'un pont-roulant électrique.

Une fois dans la cuve, les bois sont recouverts de vases poreux en bois et feutre contenant une feuille de plomb formant l'autre électrode.

MM. Nodon et Bretonneau ont employé tout d'abord comme bain une dissolution de savon d'oléine, suivie de l'emploi d'une dissolution d'alun de soude. Ensuite, ils ont traité leurs bois par un bain de bororésinate de soude. Aujourd'hui, le bain employé est formé d'une dissolution de sulfate de magnésie à 20 0/0 à une température de 30 à 35° C.

Le courant électrique employé pour l'opération est du courant continu à 110 volts; on commence à lui faire traverser les bois

de haut en bas, puis ensuite de bas en haut. La durée du traitement électrique varie de sept à quatorze heures, l'intensité étant maintenue entre 4 et 6 ampères par stère de bois empilé dans la cuve. Le bain de traitement peut servir indéfiniment, à condition de le régénérer au moyen d'une addition de sulfate de magnésie, et de le purifier, de temps en temps, des matières organiques qu'il contient, en l'amenant à l'ébullition. Les phénomènes produits pendant l'opération sont assez complexes; une partie du sulfate de magnésie pénètre par électro-capillarité dans les cellules du bois. Il se produit un échange osmotique entre les substances salines contenues dans la sève et le sulfate de magnésie; il se produit également une électrolyse des ferments de décomposition et de putréfaction que renferme le bois. Enfin, sous l'influence de cette électrolyse, il se forme dans le bois de nouveaux composés minéraux stables et imputrescibles.

Après le traitement à la cuve, les bois sont soumis à un premier séchage à l'air sous un hangar, pour leur faire perdre leur eau superficielle et, enfin, soumis à un second séchage dans une étuve munie de ventilateurs. Les opérations décrites ci-dessus s'appliquent aux bois qu'il s'agit de rendre imputrescibles. Pour le bois à rendre incombustible, le bain employé se compose de 80 parties de sulfate d'ammoniaque, 20 parties de borate d'ammoniaque et 100 parties d'eau. Dans ce cas, le courant électrique est employé à la tension de 20 à 30 volts, au lieu de 110 volts.

MM. Nodon et Bretonneau traitent aussi le bois en grume, sans passage à la cuve. Pour cela, on dispose les électrodes dans des sacs en toile humide placés à chaque extrémité de la grume à traiter. Dans un de ces sacs, on met le liquide du bain.

Le procédé Nodon et Bretonneau donne une grande dureté au bois; il a pour effet de durcir considérablement les bois tendres, que l'on peut employer alors pour la tabletterie, la carrosserie, la construction navale, les instruments à vent.

Le procédé *Rütgers*, sur lequel nous allons nous étendre plus complètement, date de 1846. Jusqu'en 1849, M. Rütgers employait le sulfure de baryum et le sulfate de fer; mais ce procédé avait le désavantage de ne pas s'appliquer à l'injection des bois de plus de 0,50 *m* de longueur, à cause de l'impossibilité d'obtenir un dépôt bien régulier des produits précipités insolubles (sulfate de baryte et sulfure de fer).

En 1849, M. Rütgers introduisit en Allemagne le procédé John

Bethell, d'injection à la créosote, qu'il perfectionna considérablement depuis.

Enfin, en 1875, M. Rütgers commença à appliquer sur une grande échelle son nouveau procédé, qui consistait à mélanger du chlorure de zinc à la créosote.

Aujourd'hui, le procédé Rütgers est appliqué exclusivement par les chemins de fer de l'État prussien; il a été introduit en Autriche en 1868, où M. Rütgers possède actuellement douze établissements; en Hollande en 1886, en Danemark en 1889 (chemins de fer de l'État), en Russie en 1878 et 1898, et jusqu'en Chine et en Afrique.

M. Rütgers a injecté dans ses soixante-dix-huit usines, de 1846 à 1899, 9047808 m^3 de bois, ce qui correspond à 100 millions de traverses à voie normale. Cette quantité de bois se subdivise ainsi :

Bois injectés au sulfure de baryum, sulfate de cuivre, etc.	82834,61 m^3
Au chlorure de zinc.	3481881,40
Au chlorure de zinc additionné de créosote.	4077392,10
A la créosote seule	1405700,70
Total.	9047808,81 m^3

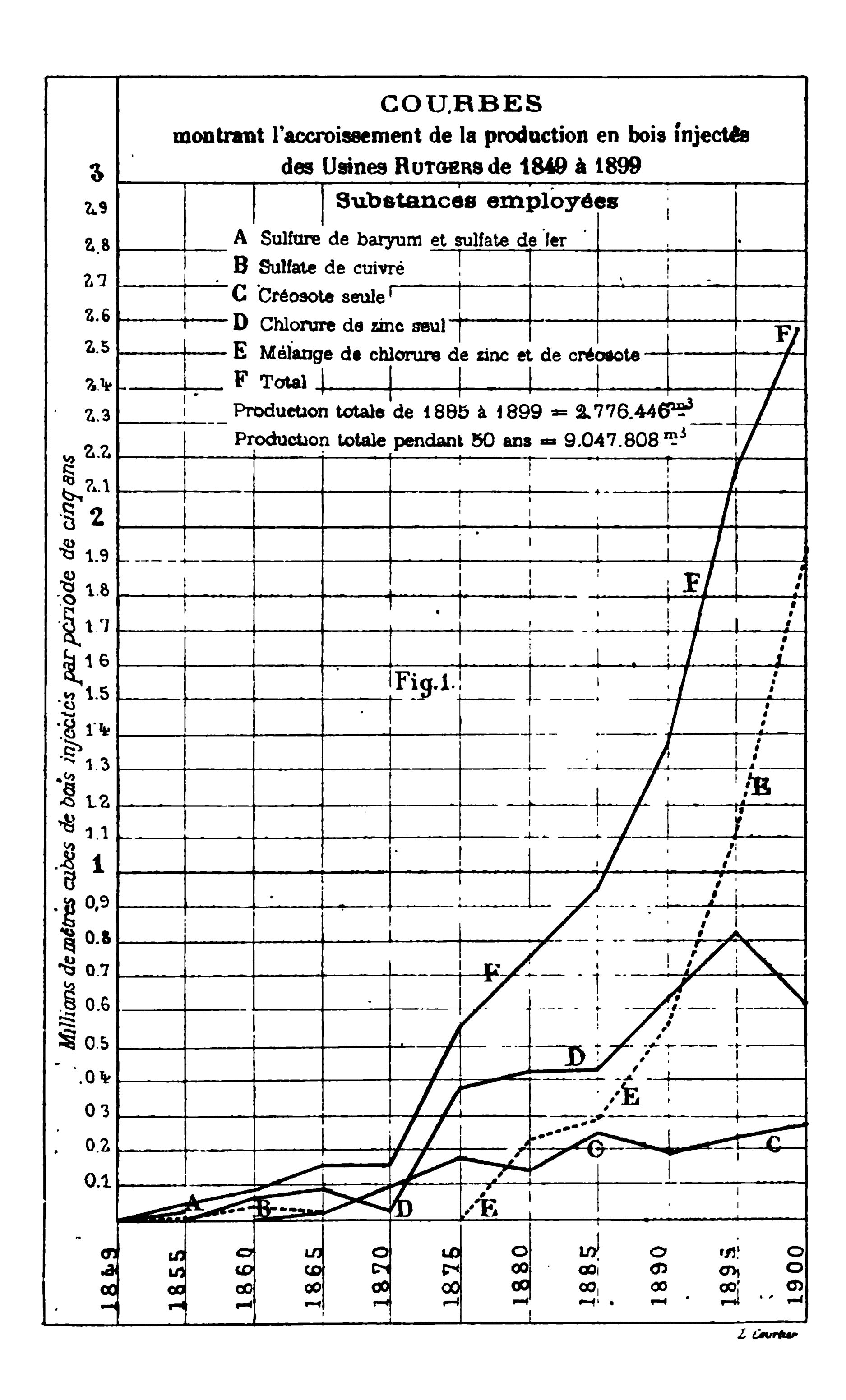
En outre de ses usines d'injection, M. Rütgers possède également onze fabriques de produits goudronneux qui lui permettent de s'alimenter lui-même d'une partie de la créosote qu'il emploie.

Le diagramme ci-contre (*fig. 1*) représente l'accroissement de la production des Usines Rütgers de cinq en cinq ans, pendant une période totale de cinquante années, soit de 1849 à 1899.

L'inspection de la courbe A, représentant l'injection au sulfure de baryum et au sulfate de fer, montre que ce procédé a été abandonné à partir de 1855.

De 1849 à 1865 on voit employer le sulfate de cuivre (courbe B), mais déjà en 1855 paraît le chlorure de zinc (courbe D). Ce dernier procédé a fourni la majeure partie des bois injectés, jusqu'en 1880, et, depuis, a constamment augmenté d'importance, mais en se laissant dépasser par le mélange de chlorure de zinc et de créosote inventé par M. Rütgers en 1875 courbe E). Le mélange ci-dessus sert actuellement à l'injection des deux tiers des traverses et autres bois sortant des usines Rütgers.

L'emploi de la créosote pure (courbe C) a progressé de 1860 à


COURBES
montrant l'accroissement de la production en bois injectés
des Usines RUTGERS de 1849 à 1899
Substances employées
A Sulfure de baryum et sulfate de fer
B Sulfate de cuivre
C Créosote seule
D Chlorure de zinc seul
E Mélange de chlorure de zinc et de créosote
F Total
Production totale de 1885 à 1899 = 2.776.446 m³
Production totale pendant 50 ans = 9.047.808 m³
Millions de mètres cubes de bois injectés par période de cinq ans
3
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1
0,9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
1849
1855
1860
1865
1870
1875
1880
1885
1890
1895
1900
Fig.1.
A
B
C
D
E
F
L. Courtier

1875, et, depuis cette époque, ne fait pas de progrès, malgré sa grande efficacité, à cause du prix élevé de ce produit.

La courbe F, représentant le total des cinq autres, montre que les usines Rütgers injectent annuellement vingt fois plus de bois que pendant la période comprise entre 1865 et 1870.

Les perfectionnements apportés par M. Rütgers aux procédés d'injection des bois sont au nombre de trois principaux :

1° Substitution de la dessiccation en vase clos, sous l'action de la créosote chauffée à 105°, à l'ancien procédé de dessiccation dans les séchoirs. Les avantages de cette méthode sont les suivants :

L'appareil permet de constater exactement la durée du temps nécessaire pour dessécher d'une manière uniforme tous les bois en traitement :

Les bois ne peuvent pas être détériorés ou détruits par des températures plus élevées, le chauffage étant maintenu d'une manière absolument uniforme à 105° :

L'opération de dessiccation dure à peu près autant d'heures qu'elle durait de jours antérieurement, en même temps qu'elle est beaucoup plus économique :

Le bois ne peut pas être détérioré par des fissures, et ne peut conserver aucun endroit humide qui empêche l'huile de goudron d'y pénétrer :

Par ce moyen, il est possible d'augmenter considérablement l'absorption de l'huile de goudron par le bois et, selon le besoin, d'aller jusqu'à saturation complète. Pour les bois durs, tels que le chêne, aucun autre procédé ne permet une absorption aussi considérable. Dans l'installation provisoire qui a fonctionné, pendant l'Exposition, à Vincennes, on a pu injecter jusqu'à 180 *kg* de créosote par mètre cube de chêne, et jusqu'à 400 *kg* par mètre cube de hêtre ou de pin.

Nous avons sous les yeux deux attestations notariées données l'une par la Direction royale des chemins de fer de l'État prussien, à Altona, certifiant que les trois traverses en pin exposées à Vincennes étaient restées dans la voie pendant quinze ans, soit de 1885 à 1900. Les visiteurs du pavillon ont pu s'assurer que les trois traverses en question ne portaient pas de trace de détérioration.

L'autre attestation, donnée par la Direction royale des chemins de fer de l'État prussien, à Berlin, certifie que tous les poteaux télégraphiques de la ligne de Berlin à Breslau (avec ses embranchements de Goerlitz et Lauban), au nombre de 7 716, ont été

injectés par le procédé Rütgers, au moyen d'huile de goudron, de 1870 à 1875. Ces poteaux sont en bois de pin.

Sur ce nombre de 7 716 pièces, dans l'espace de vingt-cinq à trente ans, il s'en est trouvé seulement 191, soit 2,5 0/0, devenues inutilisables par suite de putréfaction;

2° Le deuxième perfectionnement consiste dans le mélange de chlorure de zinc et de créosote; c'est ce procédé qui est exclusivement employé maintenant par les Chemins de fer de l'État prussien, par suite de la grande économie qu'il procure.

Si nous comparons, en effet, les prix payés par la Direction des chemins de fer ci-dessus désignée, nous voyons que l'injection, à la créosote pure, d'une traverse en bois de pin de première classe coûte 2,95 *f*, alors qu'elle ne coûte plus que 1 *f* pour la même traverse injectée au moyen du mélange de créosote et de chlorure de zinc.

Nous avons sous les yeux la liste officielle des prix payés par l'État prussien pour l'injection des traverses des deux classes en chêne, hêtre et pin, ainsi que pour le mètre cube de chacun de ces trois bois. Une telle liste est trop longue pour trouver place dans la présente étude, mais nous la tenons à la disposition de ceux de nos Collègues que la question peut intéresser;

3° Le troisième perfectionnement, tout récemment breveté par M. Rütgers, concerne un procédé d'émulsion permettant d'employer l'huile de goudron à l'état dilué, sans que son action utile soit influencée en rien. Ce procédé permet d'économiser 50 0/0 de créosote.

Par ce procédé, on peut injecter à la créosote des poteaux télégraphiques qui, jusqu'à présent, à cause du prix élevé de l'injection, vu leur grand volume, ne pouvaient être traités qu'au chlorure de zinc ou au sulfate de cuivre.

L'émulsion de créosote est préparée en mélangeant 100 parties d'huile de résine avec 100 parties d'acide sulfurique. Il se forme un mélange, presque homogène, d'acide sulfurique et d'éthers résineux composés, qui se décompose par suite de l'addition d'une petite quantité d'eau.

On obtient deux couches, l'une inférieure formée par l'acide sulfurique dilué, et l'autre supérieure contenant la presque totalité des éthers, avec un peu d'acide sulfurique et l'huile de résine non dissoute.

On chauffe alors pendant quelque temps, afin de séparer encore une certaine quantité d'acide, on neutralise la couche supérieure

avec une solution de soude ou de potasse, et on ajoute de l'eau. Le liquide, qui est alors presque transparent, est mélangé avec une quantité égale d'huile de goudron, et on ajoute encore de l'eau jusqu'à ce que le degré voulu de dilution du liquide d'imprégnation soit obtenu.

Description des appareils d'injection.

Nous ne donnons qu'une description sommaire des appareils employés, leur emploi étant suffisamment bien décrit dans les prescriptions ci-après.

Nous nous contenterons de dire que la créosote est renfermée dans un récipient, que l'on remplit de l'extérieur de l'usine, au moyen de pompes prenant la créosote dans les wagons citernes qui l'amènent à l'usine.

De ce réservoir, la créosote se rend dans l'appareil de chauffage qui peut être chauffé, soit à la vapeur, au moyen de serpentins et d'un double fonds, soit à feu nu.

Une pompe à vapeur refoule alors la créosote chaude dans le récipient d'injection. Cette pompe peut produire une pression de refoulement supérieure à 7 *atm.*

Le récipient d'injection est un grand tube en tôle fermé à ses deux extrémités de façon hermétique. A l'un des bouts est une porte permettant l'entrée et la sortie des bois. Le récipient est assez spacieux pour permettre l'introduction de poteaux télégraphiques de 18 *m* de long; il est muni d'un manomètre, d'un niveau d'eau et d'un robinet de purge destiné à faire écouler l'eau de condensation lorsqu'on chauffe le récipient à la vapeur directe. Ce robinet sert aussi à l'extraction de la créosote, après l'injection terminée.

Le récipient peut être chauffé par de la vapeur directe ou par un double fond, suivant le mode d'injection employé, ainsi que nous le verrons plus loin en lisant les prescriptions concernant l'injection.

Un tube réunit le récipient au condenseur et à la pompe à vide. Cette pompe est mue par la vapeur, ainsi que la pompe de circulation d'eau du condenseur. L'installation est complétée par une chaudière fournissant la vapeur nécessaire aux machines des pompes et au chauffage de la créosote.

La vapeur d'eau, extraite du bois pendant la période de dessiccation, est refroidie dans le condenseur, et ensuite mesurée,

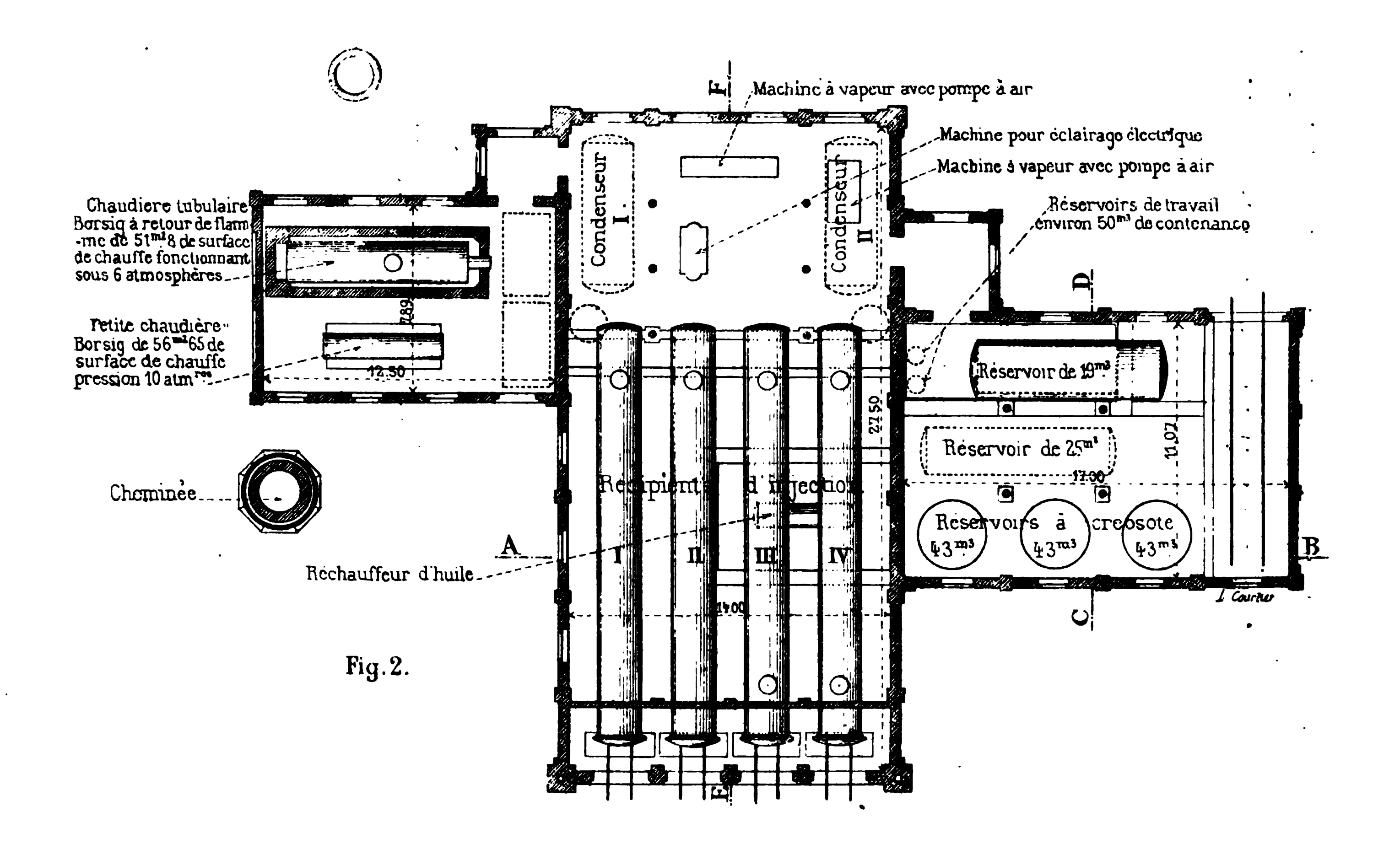
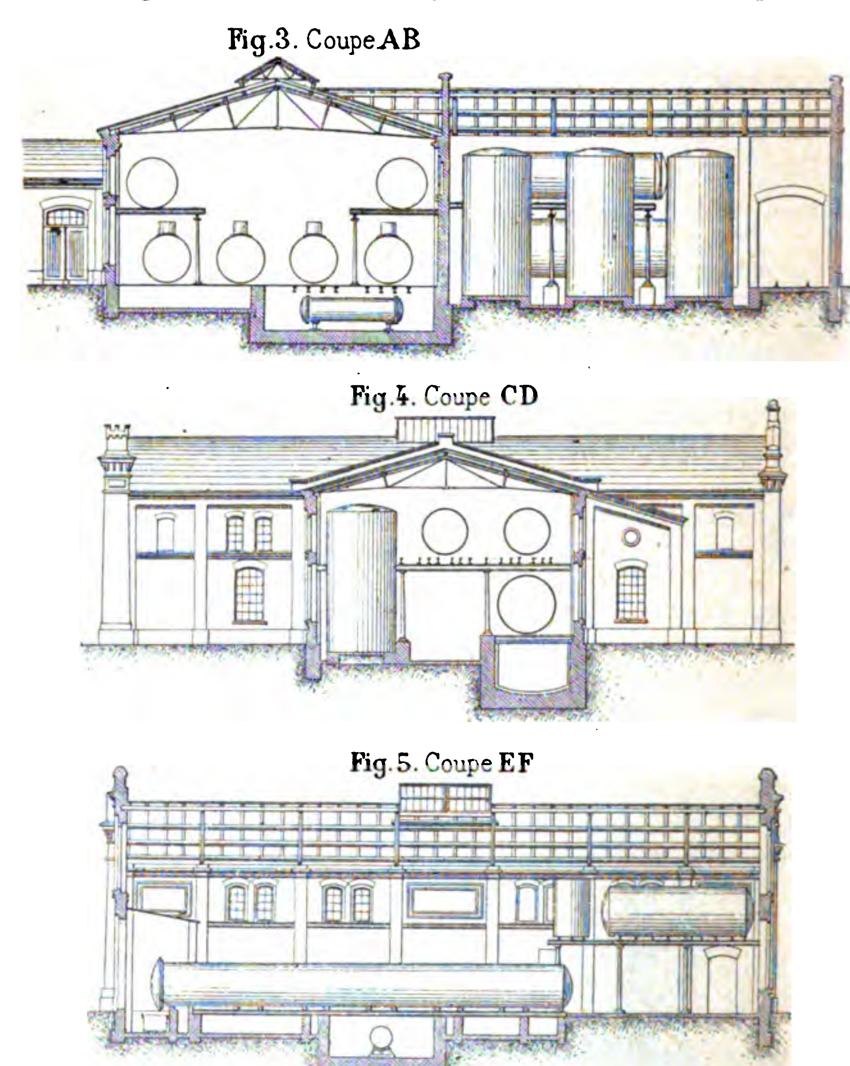

Machine à vapeur avec pompe à air
Machine pour éclairage électrique
Machine à vapeur avec pompe à air
Réservoirs de travail environ 50m³ de contenance
Chaudière tubulaire Borsig à retour de flamme de 51m²8 de surface de chauffe fonctionnant sous 6 atmosphères
Petite chaudière Borsig de 56m²65 de surface de chauffe pression 10 atm
Condenseur I.
Condenseur II
Réservoir de 19m³
Réservoir de 25m³
Récipients d'injection
Réservoirs à créosote
43m³
43m³
43m³
Cheminée
Réchauffeur d'huile
A
B
C
D
F
I
II
III
IV
12.50
7.89
27.50
11.07
17.00
14.00
J. Courtier

Fig. 2.

car cette mesure indique la quantité d'eau extraite du bois pendant la dessiccation.

Les figures 2, 3, 4 et 5 ci-jointes, montrent la disposition



d'une usine d'injection. L'emploi des appareils figurés dans ces plans est expliqué dans les prescriptions appliquées par les chemins de fer de l'État Prussien, pour l'injection des traverses par le procédé Rütgers, que nous donnons ci-après.

I. — INJECTION AU MOYEN D'UNE SOLUTION DE CHLORURE DE ZINC AVEC ADJONCTION DE CRÉOSOTE PHÉNIQUÉE

L'injection comprend trois phases :
1° Étuvage du bois à la vapeur;
2° Aspiration de l'air et introduction du liquide d'injection;
3° Emploi de la pompe de refoulement.

1° Étuvage à la vapeur.

Le bois enfermé dans un récipient d'injection clos et étanche, est tout d'abord chauffé par la vapeur. La durée de l'étuvage dépend de l'âge et de la nature du bois. Le courant de vapeur doit, autant que possible, rendre le bois absorbant, le nettoyer et amollir et faire tomber les matières mucilagineuses remplies de poussière et de sable adhérent, surtout du côté du bois debout.

Le courant de vapeur est conduit de telle façon que le manomètre relié au récipient d'injection indique, au bout de 30 minutes au moins, une pression de 1 1/2 *atm*, au-dessus de la pression atmosphérique. Le bois reste soumis ensuite 30 minutes à cette pression. Quand on traite du bois jeune, qui paraît ne devoir pas posséder une capacité absorbante suffisante pour le liquide d'injection, l'action de la vapeur est prolongée de telle façon que la pression soit maintenue à 1 1/2 *atm* pendant 60 minutes.

Pendant l'arrivée de la vapeur, on fait échapper l'air du récipient par un purgeur placé à sa partie inférieure, jusqu'à ce que l'on voie sortir la vapeur. L'eau de condensation de la vapeur est extraite de la même manière.

Les mêmes prescriptions sont valables pour le bois de chêne et pour le pin. Comme le bois de hêtre contient une grande quantité de sève très fermentescible, l'action de la vapeur doit être poussée jusqu'à ce que la sève, contenue dans le cœur du bois, ait atteint son point d'ébullition.

Le hêtre, qu'il soit sec ou vert, doit, pour atteindre ce but, subir pendant quatre heures l'action de la vapeur, compris les 30 minutes nécessaires à amener la pression de vapeur à 1 1/2 *atm*.

Après que le bois a été traité suffisamment longtemps par la vapeur, on fait échapper cette dernière du récipient d'injection.

2° Aspiration de l'air et introduction du liquide d'injection.

Après échappement de la vapeur, on aspire l'air contenu dans le récipient contenant le bois à injecter, jusqu'à ce que l'on atteigne un vide d'au moins 60 *cm* de mercure. Ce vide doit être maintenu pendant 10 minutes.

Ensuite commence le remplissage du récipient, sans abaissement du vide barométrique, au moyen du liquide d'injection qui a été préalablement chauffé à 65°.

3° Emploi de la pompe de refoulement.

Après complet remplissage, le liquide d'injection continue à être refoulé au travers du bois au moyen d'une pompe, jusqu'à ce que la pression atteigne un minimum de 7 *atm* au-dessus de la pression atmosphérique.

Pour obtenir la saturation complète du bois, cette pression doit être maintenue pendant 30 minutes au moins pour le pin et le hêtre, et pendant 60 minutes pour le chêne; au besoin, cette pression doit être prolongée jusqu'à ce que la quantité de liquide d'injection absorbée soit conforme aux prescriptions.

Lorsque l'injection est complète, on fait écouler le surplus du liquide.

Composition de la solution de chlorure de zinc.

La solution de chlorure de zinc employée pour l'injection doit être, autant que possible, pure et surtout exempte d'acide libre. La solution doit peser 3°,5 B., ce qui correspond à une densité de 1,0244 à la température de 15°.

Cette solution contient 1,26 0/0 de zinc métallique.

Composition de la créosote employée comme complément.

La créosote employée doit contenir au plus 1 0/0 d'huile bouillant au-dessous de 125°. Elle doit être assez lourde pour que son point d'ébullition soit compris entre 150 et 400°.

Dans aucun cas, elle ne doit contenir plus de 30 0/0 de parties volatiles au-dessous de 235°.

Elle doit contenir au moins 10 0/0 de substances acides solubles dans une lessive de soude de densité 1,15 (phénols).

La créosote doit, à + 15°, être parfaitement liquide et, autant que possible, libre de naphtaline, de telle façon que, par distillation fractionnée, on n'en puisse séparer que 5 0/0 de naphtaline.

Son poids spécifique à + 15° ne doit pas descendre au-dessous de 1,03, ni être supérieur à 1,10.

La créosote doit être ajoutée à la solution de chlorure de zinc pendant le chauffage de cette dernière; une traverse de chemin de fer de 2,50 *m* de long doit en absorber 3 *kg*, soit 30 *kg* par mètre cube de bois.

Pour obtenir un mélange aussi complet que possible de la solution de chlorure de zinc avec la créosote, on doit employer un bon brassage, au moyen d'un courant de vapeur et d'air.

Garantie du poids de liquide absorbé.

La moyenne de chaque charge du récipient doit donner une absorption garantie de solution de chlorure de zinc mélangé de créosote, dans les proportions suivantes :

a) Pour une traverse en bois de pin ou de hêtre de 2,70 *m* de long sur 16/26 *cm* de côté, 35 à 36 *kg* et pour la même traverse en chêne, 11 *kg;*

b) Pour une traverse en bois de pin ou de hêtre de 2,50 *m* de long sur 16/26 *cm* de côté, 32 à 34 *kg* et pour la même traverse en chêne, 10 *kg;*

c) Pour une traverse en bois de pin ou de hêtre de 2,50 *m* de long sur 14/24 *cm* de côté, 26 à 27 *kg* et pour la même traverse en chêne, 8 *kg;*

d) Pour 1 m^3 de pin ou de hêtre en différentes mesures, 310 à 325 *kg* et pour 1 m^3 de chêne, 100 *kg*.

Cette absorption garantie suppose que le bois est sain, qu'il est sec et que le mètre cube de pin ne pèse pas plus de 630 *kg*, celui de hêtre pas plus de 725 *kg* et celui de chêne pas plus de 800 *kg*.

Lorsque, par suite de dessiccation imparfaite ou par suite de la présence de nœuds dans le bois, l'absorption garantie de liquide ne peut être atteinte, la solution de chlorure de zinc doit être concentrée.

Si, par exemple, le mètre cube de bois de pin n'absorbe que **200** *kg* de liquide injecté, au lieu de 310 *kg*, la concentration de la solution de chlorure de zinc doit atteindre 5°,43 B., de telle façon que l'absorption de chlorure de zinc sec, existant dans la solution employée, soit conforme à la garantie.

Les prises d'essai de la solution de chlorure de zinc doivent être faites au moyen d'un tube constamment relié au récipient d'injection; lorsqu'à la suite d'un essai, une concentration de la solution au moyen d'une solution de chlorure de zinc plus riche devient nécessaire, on doit refaire un nouvel essai une demi-heure après que la solution prescrite a été versée dans le récipient.

Afin de s'assurer qu'à la suite des opérations décrites ci-dessus, le bois a bien absorbé la quantité de solution de chlorure de zinc prescrite, le bois est pesé une première fois avant son entrée dans le récipient au moyen d'un pont-bascule; il est pesé une deuxième fois à sa sortie du récipient.

La différence de poids indique la quantité de liquide d'injection absorbé.

II. — INJECTION AU MOYEN DE CRÉOSOTE PHÉNIQUÉE CHAUDE

L'injection comprend deux phases :

1° Dessiccation du bois, c'est-à-dire extraction de l'eau contenue dans le bois par l'action de la créosote chaude, avec emploi du vide;

2° Refoulement de la créosote dans le bois au moyen de la pompe de compression.

1° Dessiccation du bois.

Le bois, devant être injecté, est introduit dans le récipient d'injection qui est ensuite fermé hermétiquement. Ensuite, on fait dans le récipient un vide d'air qui doit atteindre au moins 60 *cm* de mercure; et au bout de 10 minutes, pendant lesquelles le vide est maintenu à cette valeur, on introduit dans le récipient la créosote chauffée au préalable jusqu'à une hauteur telle qu'elle ne puisse pas être aspirée par la pompe à vide.

La durée du contact avec la créosote chaude dépend du degré

de dessiccation du bois. Cette opération peut être faite avec interruption ou en une seule fois.

Pendant et après le remplissage, la créosote, contenue dans le récipient est chauffée, jusqu'à une température de 105° à 115° au moyen d'un serpentin de vapeur disposé à la partie inférieure du récipient, ou au moyen d'une chaudière tubulaire placée sous le récipient.

Ce chauffage doit durer au moins 3 heures.

Lorsque la température voulue est atteinte, elle doit être maintenue au moins 60 minutes, avec ou sans vide, selon la nécessité, de façon que le bois absorbe la quantité de créosote prescrite.

Dès l'instant où commence le remplissage du récipient par la créosote chaude, ce dernier est mis en communication avec un condenseur tubulaire, qui condense la vapeur d'eau extraite du bois et envoie l'eau de condensation dans un vase spécial.

Ce vase est muni d'un niveau d'eau gradué, sur lequel on peut lire la quantité d'eau extraite du bois.

2° Refoulement de la créosote.

Après la dessiccation, c'est-à-dire lorsque toute l'eau contenue dans le bois est extraite, on remplit complètement de créosote le récipient d'injection et on met en mouvement la pompe de refoulement qui produit une pression d'au moins 7 *atm.*

Cette pression est maintenue, 30 minutes pour le pin et le hêtre, et 60 minutes pour le chêne, et même davantage lorsqu'une prolongation est nécessaire pour que l'absorption prescrite de créosote soit atteinte.

L'injection du bois est alors terminée et on fait écouler le trop-plein de créosote.

Composition de la créosote employée.

La créosote extraite du goudron de houille ne doit pas contenir plus de 1 0/0 d'huile bouillant au-dessous de 125° C.

Elle doit bouillir entre 150 et 400°, et au moins 75 0/0 de sa masse doit bouillir au-dessus de 235°.

Elle doit contenir au moins 10 0/0 de substances acides solubles dans une lessive de soude de densité 1,15 (phénols).

A + 15° elle doit être complètement liquide et libre de subs-

tances grasses, de telle façon que versée sur du bois debout, elle ne laisse rien d'autre qu'un dépôt huileux.

D'autre part, elle doit être autant que possible libre de naphtaline et ne doit pas en abandonner à + 15°.

Elle doit contenir tout au plus 1 0/0 d'huile de densité inférieure à 0,90, tandis que la densité de la créosote elle-même doit être comprise entre 1,045 et 1,10.

On doit faire en sorte qu'après l'injection, la créosote soit complètement retenue dans les pores du bois. La créosote de goudron de houille peut être mélangée au plus de 15 0/0 d'huiles extraites de corps bitumineux, mais le mélange doit dans tous les cas présenter des propriétés conformes aux prescriptions ci-dessus.

Garantie d'absorption de créosote.

La quantité de créosote absorbée en moyenne pour chaque remplissage du récipient doit être la suivante :

a) Pour une traverse en bois de pin de 2,70 *m* de longueur et 16/26 *cm* de côté, 36 *kg*. Pour une traverse semblable en hêtre 36 *kg* et pour une semblable en chêne 11 *kg*.

b) Pour une traverse en bois de pin de 2,50 *m* de long et 16/26 *cm* de côté, 34 *kg*. Pour une traverse semblable en hêtre 34 *kg* et pour une semblable en chêne 10 *kg*.

c) Pour une traverse en bois de pin de 2,50 *m* de long et 14/24 *cm* de côté, 28 *kg*. Pour une traverse semblable en hêtre 28 *kg* et pour une semblable en chêne 8 *kg*.

d) Pour 1 m^3 de pin en différentes mesures 325 *kg*, pour 1 m^3 de hêtre 325 *kg* et pour 1 m^3 de chêne 100 *kg*.

Les quantités ci-dessus s'entendent pour le bois sain et sec.

La détermination de la créosote employée peut être faite, non seulement par pesée avant et après l'injection, mais aussi par mesure de la quantité de créosote employée pour l'injection.

En employant le premier procédé, il faut tenir compte de l'eau vaporisée pendant la dessiccation du bois par le contact de la créosote chaude, eau qui est refroidie par un condenseur et conduite dans un vase spécial.

Le poids de cette eau indique la diminution de poids du bois pendant le séchage dans l'huile chaude. Ce poids doit être déduit du poids du bois avant l'injection.

Pour la mesure de la créosote absorbée, on doit procéder de la manière suivante :

Avant le commencement de chaque injection, on doit mesurer la créosote contenue dans la chaudière à huile, qui est munie à cet effet d'un niveau tubulaire et d'un indicateur de contenance. Après chaque injection, la créosote non absorbée par le bois est refoulée dans la chaudière et son niveau déterminé à nouveau.

Après cette détermination, la créosote manquante dans la chaudière à huile représente la quantité absorbée par les traverses pendant l'injection.

S'il est indiqué que la quantité garantie de créosote n'a pas été absorbée par le bois, et qu'il s'en faut de plus de 1/6, le préposé au contrôle peut demander une deuxième injection obligatoire.

La créosote manquante qui, malgré tous les moyens employés, n'a pu être absorbée par le bois, est décomptée à raison de 12,50 *f* par 100 *kg*.

Pour terminer, nous donnerons un aperçu des quantités de bois injecté utilisées actuellement en France, seulement pour les traverses de chemins de fer et les poteaux télégraphiques et téléphoniques, sans compter les nombreuses autres applications du bois injecté.

En 1899, d'après les renseignements publiés par le Ministère du Commerce, nous voyons que le chiffre total des marchés passés par l'Administration des Postes et Télégraphes pour les poteaux en bois injecté, s'est élevé à la somme de 2 982 715 *f*.

Enfin, en ce qui concerne les traverses de chemins de fer, nous trouvons, dans l'intéressant article publié par M. Couard, Ingénieur du Service des Approvisionnements à la Compagnie du chemin de fer P.-L.-M., dans la *Revue générale des Chemins de fer* de décembre 1891, que le nombre des traverses remplacées en 1890, par les grands réseaux français de chemins de fer a été le suivant :

Ouest	242 059
Nord.	279 714
Orléans	401 369
P.-L.-M.	715 462
Midi	287 620
TOTAL.	1 926 224

Les chiffres relatifs à l'Est et à l'État ne sont pas donnés, mais

on peut les estimer à 500 000 traverses environ par année pour ces deux réseaux, ce qui, pour l'ensemble des chemins de fer français, ferait environ 2 500 000 par année.

Au prix moyen de 5,50 *f* par traverse, nous arrivons à une dépense annuelle de 13 750 000 *f* pour le remplacement seul des traverses des sept grands réseaux de chemins de fer français.

D'après les statistiques des chemins de fer français publiées par le Ministère des Travaux publics, les dépenses totales des lignes françaises se sont élevées en 1898 à 707 400 000 *f* pour 37 255 *km* de voies. Si nous comparons ces chiffres avec celui de 13 750 000 *f* trouvé pour la valeur des traverses remplacées annuellement, nous voyons que cette partie de l'entretien représente 1,775 0/0 des dépenses totales et qu'elle s'élève à 370 *f* environ par kilomètre et par année.

Dans les chiffres qui précèdent, ne sont pas indiquées les traverses neuves employées pour la construction, et qui sont la source d'une dépense d'environ 5 millions de francs par an.

Enfin, pour les voies étroites et les réseaux secondaires, la consommation est d'environ 150 000 traverses par an pour l'entretien, et autant pour la construction. Pour la voie étroite, les chiffres que nous donnons sont réduits en traverses de voie normale. De ce chef encore, la dépense est supérieure à 1 500 000 *f* par année.

La durée des traverses, injectées par les procédés actuels en France, paraît être d'environ 18 ans pour les traverses en chêne préparé à la créosote; d'environ 8 à 10 ans pour les traverses en hêtre également préparé à la créosote; d'environ 12 ans pour celles en pin des Landes créosoté et de 8 à 12 ans pour celles en pin des Landes préparé au sulfate de cuivre.

Les quantités de créosote injectées dans les traverses destinées aux principales lignes françaises sont actuellement les suivantes :

Chêne	de 5 à 7 *kg*	par traverse.
Hêtre (Nord)	13	—
Hêtre (Ouest)	15 à 16	—
Hêtre (P.-L.-M.)	16	—
Hêtre (Est)	24	—
Pin (Midi)	12	—
Pin (Orléans)	14	—
Pin (P.-L.-M.)	12	—

Les Compagnies d'Orléans et du Midi achètent leurs traverses injectées ou les font injecter par des entrepreneurs.

Les Compagnies P.-L.-M. et du Nord achètent une partie de leurs traverses créosotées et injectent elles-mêmes le reste; la Compagnie de l'Est prépare elle-même tous ses bois à la créosote, sauf les poteaux télégraphiques qui sont préparés au sulfate de cuivre.

La Compagnie de l'Ouest est dans le même cas; elle a installé à Surdon un atelier d'injection lui permettant de traiter 400 000 traverses par année.

Les Chemins de fer de l'État font également eux-mêmes l'injection de leurs traverses dans leurs ateliers de Saint-Mariens, près Bordeaux.

Les principales essences employées en France pour les traverses sont tout d'abord le chêne dans la proportion de 70 0/0 environ, ensuite vient le hêtre, proportion 20 0/0, et enfin le pin des Landes, proportion 10 0/0. Ce dernier bois forme les quatre cinquièmes des traverses de la Compagnie du Midi, qui le fait injecter au sulfate de cuivre.

Le sapin est employé en faible proportion, et enfin, jusqu'en 1885, on trouve trace de l'emploi de châtaignier et de mélèze; mais, depuis cette époque, les statistiques n'en font plus mention.

En 1883 et 1884, la proportion de ces bois était environ de 3 0/0 du total.

Il y aurait lieu de compléter ce qui précède par des chiffres relatifs aux autres applications des bois injectés, mais le cadre restreint de cette étude ne nous le permet pas.

LA SIDÉRURGIE
DANS L'OURAL MÉRIDIONAL[1]

PAR

M. Alexandre GOUVY

I. — Géographie et géologie.

On peut considérer comme faisant partie de l'Oural Méridional toutes les usines situées entre le 53e et le 55e degré de latitude, au sud de la grande ligne transsibérienne Samara-Oufa-Tchelabinsk. En dessous du 53e degré il n'y a plus d'usines métallurgiques et les monts Oural se transforment en collines pour se perdre dans la steppe Kirghise vers Orenbourg.

Nous croyons devoir insister, dès le principe, sur l'importante différence qui existe entre les exploitations de l'Oural méridional non desservies par le chemin de fer, ou employant des bois des forêts baschkires, et les exploitations du Centre et du Nord placées à proximité de voies ferrées ou de rivières navigables et disposant seulement de forêts en toute propriété ou de forêts de l'État affermées à long terme et dans des conditions de sécurité déterminées.

Il ne faudrait pas non plus, pour une étude quelconque, technique ou financière, se baser sans examen sur ce qui va suivre et juger ainsi des chances de succès d'une entreprise quelconque de l'Oural; il est, au contraire, absolument indispensable de ne pas perdre de vue ce fait, que les chiffres pratiques d'exploitation peuvent varier dans de très larges limites pour chaque cas particulier, et que chaque mine, chaque usine, chaque district forestier, présentent des prix de revient différant entre eux et variables eux-mêmes suivant certaines influences locales qui ne peuvent être connues que par l'expérience; parmi ces influences il faut citer en première ligne, les variations atmosphériques (pluies, neige, gelée), puis les fluctuations des prix de l'avoine et du blé, qui en sont les corollaires, et qui ont occasionné déjà bien des mécomptes, enfin les prix de transport par chevaux, la

(1) Voir planches nos 9, 10 et 11.

main-d'œuvre variable avec la concurrence, l'offre et la demande, etc.

Nous ne comprendrons donc pas dans notre étude les usines placées à proximité de la ligne du chemin de fer et qui se trouvent, par leur situation même, dans des conditions d'exploitation relativement normales, analogues à celles des usines de l'Oural du Nord; nous ne les mentionnerons que pour mémoire, savoir :

a) Sime, *Ascha*, *Miniar*, trois usines avec hauts fourneaux, la dernière avec atelier de puddlage et laminoirs ; elles appartiennent à M. Balaschew ;

b) Oust-Kataw, *Kataw*, *Iourouzane*, ayant appartenu jusqu'en 1900 au Comte Bieloselsk-Bieloserski ; elles viennent de passer aux mains d'une Société belge qui exploite depuis trois ans un atelier de construction de wagons à Oust-Kataw ; les autres établissements comprennent des ateliers de puddlage et laminoirs, tandis qu'à Kataw un train à rails est alimenté par un atelier Bessemer traitant en première fusion la fonte au bois produite dans des hauts fourneaux avec appareils Whitwell.

c) Satka, comprend des hauts fourneaux au bois appartenant à l'État et qui, grâce à des forêts de pin et bouleau aménagées de longue date et à du minerai très riche (Bokal) exploité à proximité, donnent d'excellents résultats.

d) Enfin à *Zlataoust* se trouvent des hauts fourneaux, des ateliers mécaniques avec fonderie, le tout exploité de même par l'État ; on y fabrique notamment des armes blanches et des armes de fantaisie renommées.

Si nous nous éloignons du chemin de fer vers le Sud en suivant la trace des couches de minerai, parallèles à la chaîne des monts Oural, nous trouvons les usines formant le groupe qui nous intéresse spécialement aujourd'hui et dont nous donnons la nomenclature dans le tableau ci-après :

La position géographique de chacune de ces usines est indiquée sur le plan *(fig. 1, Pl. 9)*.

D'autre part, il ressort du tableau que les usines de l'Oural méridional peuvent produire, en leur état actuel, un total de 9 millions de pouds (150 000 *t*) (1) de fontes, et nous ne pensons pas que ce chiffre soit jamais dépassé tant que l'on n'aura pas construit les voies ferrées que nous considérons comme in-

(1) Rappelons que 1 poud = 16 kg 4 et que, inversement, 1 *t* = 61 pouds.

Nomenclature des usines métallurgiques de l'Oural méridional.

	DÉSIGNATION DES USINES	PROPRIÉTAIRES	NOMBRE de HAUTS FOURNEAUX	PUISSANCE DE PRODUCTION ANNUELLE en fonte en gueuses — POUDS	TONNES	OBSERVATIONS
1	Tirlean.	Société de Bielorezk.	1	500 000	8 200	Produit principal : fer puddlé, acier cémenté. Transformation des aciers de Bieloretzk en produits laminés divers.
2	Bieloretzk.	Id.	2	1 300 000	21 320	Possède aussi 2 fours Martin, puddlage, laminoirs.
3	Ouzian.	Id.	1	540 000	8 856	Un haut fourneau construit en 1895. L'usine est aménagée pour deux hauts fourneaux.
4	Kaga.	Id.	1	450 000	7 380	Tréfilerie, clouterie et câblerie transformant les aciers de Bieloretzk.
5	Inzer.	Société von Dervis.	2	1 000 000	16 400	Aucune exploitation secondaire.
6	Lapischta.	Id.	2	1 000 000	16 400	Premier haut fourneau construit en 1896 ; le second en 1900 n'est pas encore en marche.
7	Verkni-Awzianopetrowsk.	Anc. Société Oural-Volga. Actuell. Sté de Komarowo.	2	1 500 000	24 600	Un haut fourneau neuf en marche depuis décembre 1898. Le second terminé en 1900. Puddlage supprimé en 1898.
8	Nijni-Awzianopetrowsk.	Id.	—	—	—	Puddlage et laminoirs incendiés en novembre 1897 ; n'ont pas été reconstruits.
9	Lemeza.	Id.	1	800 000	13 120	Usine aménagée pour deux hauts fourneaux, le premier mis en feu en février 1899.
10	Archangelsk.	Sté d'Oufa (Siège à Moscou).	2	1 100 000	18 040	Usine construite en 1898-1899.
11	Zigaza.	MM. Chamoff et Cie.	2	800 000	13 120	Un grand et un petit haut fourneau. Usine construite en 1892.
12	Woskresensk.	W. A. Paschkoff.	1	360 000	5 904	Ce petit haut fourneau est en réalité une exploitation secondaire d'usines à cuivre.
			17	9 350 000	153 340	

dispensables, non seulement au développement mais même au maintien, dans des conditions acceptables, de l'industrie sidérurgique de la région.

Toutes ces usines ne fabriquent actuellement que de la fonte, excepté toutefois celles de la *Société de Bieloretzk*, qui possède à Bieloretzk deux fours Martin, un atelier de puddlage et des laminoirs à fil-machine, à tôles minces pour toitures et fers profilés divers. Cette même Société fabrique encore à Tirlean du fer puddlé et des aciers cémentés spéciaux pour l'Asie, dont l'expédition est faite à dos de chameaux; enfin, elle transforme à Kaga la machine, fabriquée à Bieloretzk, en fil de fer, clous divers, câbles, etc. Les transports entre les usines on lieu en traîneau ou en chariot suivant la saison.

L'usine d'*Awzianopetrowsk* possédait, jusqu'en 1897, deux ateliers de puddlage et laminage pour fers ronds, carrés et plats, dont la qualité était très estimée sur le marché de Nijni-Novgorod; toutefois, le mauvais état de ces installations, la consommation de bois énorme qui en résultait pour les fours à puddler et à réchauffer et dont l'approvisionnement économique devenait de plus en plus difficile, nous ont amenés à supprimer cette fabrication et à porter tous nos efforts sur la fabrication de la fonte au charbon de bois.

Il faut observer cependant que, dans ces régions dépourvues de voies de transport convenables, la fabrication de produits finis présente de sérieux avantages sur celle des produits bruts tels que la fonte en gueuses, en tant que, bien entendu, l'on pourra s'approvisionner en bois d'une manière assez économique; ces produits sont, en effet, susceptibles de supporter des frais de transport beaucoup plus élevés que la fonte ! Il y a, par contre, un inconvénient relatif, c'est que le fonds de roulement nécessaire pour des usines fabriquant les produits finis est plus élevé, tous les produits, quels qu'ils soient du reste, ne pouvant être expédiés qu'une seule fois par an, entre le 1er et le 20 avril à la fonte des neiges.

En ces derniers temps, certains capitalistes prévoyaient la construction d'une usine à *ferromanganèse;* ce produit, obtenu avec des minerais d'excellente qualité et charbon de bois, aurait présenté de sérieux avantages au point de vue technique et son débouché eût été assuré par là même avec bénéfices sérieux pour le fabricant; le projet a été abandonné provisoirement eu égard à la situation générale des marchés métallurgiques et finan-

ciers en Russie; nous croyons cependant qu'une fois que cette situation se sera régularisée de nouveau, la question pourra être reprise et que le ferromanganèse au charbon de bois de l'Oural méridional, même sans le secours du chemin de fer, pourra lutter facilement avec ceux du Donetz fabriqués avec minerai du Caucase.

Mentionnons encore un minerai qui peut intéresser la sidérurgie; c'est le minerai de *chrome* dont certains gisements sont dejà exploités depuis plusieurs années, quoique sur une échelle très réduite; ces minerais de chrome sont livrés sur le Volga à des fabriques de produits chimiques spéciaux.

En ce qui concerne le *combustible*, les usines de l'Oural méridional ne disposent que du *bois*. Le bois est utilisé sous forme de charbon de bois pour les hauts fourneaux; pour les fours à puddler et à réchauffer, les fours Martin et les chaudières à vapeur de secours, on emploie le bois en bûches, torréfié dans de grandes chambres en briques avec foyer spécial; quelquefois il est employé humide. Les usines qui consomment le bois en bûches étant toujours situées sur des cours d'eau assez importants pour actionner les roues hydrauliques des marteaux et laminoirs, reçoivent le bois flotté souvent à de très grandes distances; les usines Bieloretzk ont installé, il y a quelques années, un barrage de ce genre leur permettant d'amener économiquement à l'usine des bois sur une distance de plus de 100 *km*.

Nous avons découvert, à l'ouest de la chaîne de l'Oural, près de Lemeza, à la limite des terrains dévoniens et houillers, des traces de *charbon*, mais on ne doit pas en conclure que des couches exploitables se trouvent à proximité; à l'est des monts Oural nous avons vu, par contre, des couches de houille qui paraissent devoir présenter de l'importance, mais dont l'exploitation ne peut avoir aucun intérêt tant que la région ne sera pas desservie par des chemins de fer. Mentionnons enfin la supposition de la présence de *pétrole* dans le district de Sterlitamak; mais là encore, comme pour la houille, ce ne sont que des travaux de recherche (sondages et puits) qui pourraient éclaircir la question; en certains points de ce district nous avons rencontré des *schistes bitumineux* qui permettraient de conclure à la présence de combustibles d'un ordre plus élevé à des profondeurs inconnues.

II. — Minerai de fer.

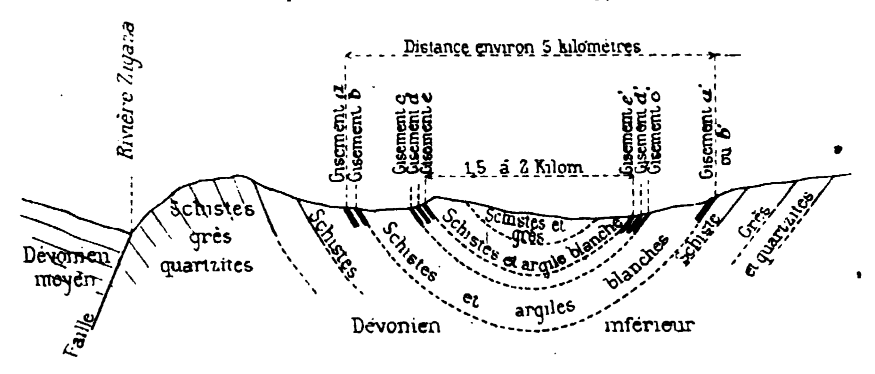
Toutes les couches de minerai de l'Oural se présentent, sauf de rares exceptions locales, avec une direction parallèle à celle de la chaîne de montagnes. La mine la plus importante connue précédemment était celle de « Bokal » à 20 verstes au sud du chemin de fer transsibérien et desservie depuis une année par l'embranchement de Berdiaousch-Satka-Bokal; cette mine appartient à l'État et fournit les usines voisines de Satka et Zlataoust; une partie du minerai est vendue à des usines privées; enfin, certaines concessions appartiennent aux usines de Kataw et à M. Balaschew.

C'est cette même formation de Bokal qui, évidemment, se retrouve vers le sud et qui a été constatée, notamment à *Komarowo* (usines d'Awzianopetrowsk), par les travaux très méthodiquement conduits par notre Collègue, M. *Ernest Hardy*, Ingénieur civil des Mines, en 1899; c'est elle aussi qui alimente les usines de Dervis, Zigaza, etc. (1). Ci-joint une coupe théorique des terrains de Komarowo (*fig. 1*).

Fig. 1.

Coupe Ouest-Est par les terrains de Komarowo

(d'après les travaux de M. E. Hardy)



Les gisements les plus importants se rencontrent dans la formation dévonienne et notamment dans l'étage inférieur où dominent les grès, les quartzites et les schistes.

Le minerai est de l'hématite brune, souvent très compacte, et

(1) Il est intéressant de se reporter à la carte géologique de la Russie d'Europe publiée chez Iliine, à Saint-Pétersbourg, par le Comité de géologie. — Édition de 1892. Échelle de 60 verstes par pouce.

se présente en amas stratifiés d'épaisseurs très variables (40 à 60 et même 120 *m* de puissance); les gangues sont le schiste et l'argile, cette dernière remplissant les pores du minerai et ne pouvant être enlevée pratiquement des parties poreuses du minerai voisin de la surface que par grillage, ainsi qu'on le verra plus loin.

La richesse de la mine de Komarowo est au moins égale à celle de Bokal et cette constatation a donné lieu déjà à la création de la Société de Komarowo (1) et à des études de voies ferrées nouvelles, indispensables à l'exploitation rémunératrice de ces gisements.

A l'ouest de ces couches principales et dans le dévonien moyen, on trouve encore des couches d'hématite rouge, mais de puissance beaucoup moindres (1,50 *m* à 2 *m*); ce sont elles qui alimentent les usines Lemeza et Archangelsk.

Vers l'est, dans le dévonien inférieur, il y a encore des gisements exploités par les usines de la Société Bieloretzk, mais le minerai de cette région paraît plus riche en silice que celui des couches principales.

Nous éloignant enfin vers l'ouest, nous trouvons dans les steppes cosaques, sur les confins de la Sibérie, sur la rive gauche du fleuve Oural, la montagne *Magnitnaïa* formée de *minerai magnétique* très riche (63 à 65 0/0 de fer); ce minerai n'a été employé jusqu'à présent que par l'usine de Bieloretzk, le défaut de moyens de transport pour cette mine, aussi bien que pour celle de Komarowo et d'autres non suffisamment reconnues jusqu'à ce jour, ne permettant qu'une utilisation restreinte de ces richesses minérales. Les exploitations n'ayant été que superficielles, on ne s'est pas encore rendu un compte exact de la géologie de cette mine. Nous en donnons la disposition d'ensemble (*fig.* 2) et une coupe partielle, d'après le professeur Zemiatschinsky, de Saint-Pétersbourg.

Suivant M. E. Hardy, cette formation contenant le minerai magnétique est au moins aussi riche que celle de Bokal et de Komarowo, et se prolonge vers le nord sur une distance considerable qui n'a pas encore été déterminée et où l'on n'a fait que très peu de recherches. Nous avons trouvé aussi de l'*hématite rouge*, mais en trop faible quantité pour que l'on s'y arrête; elle

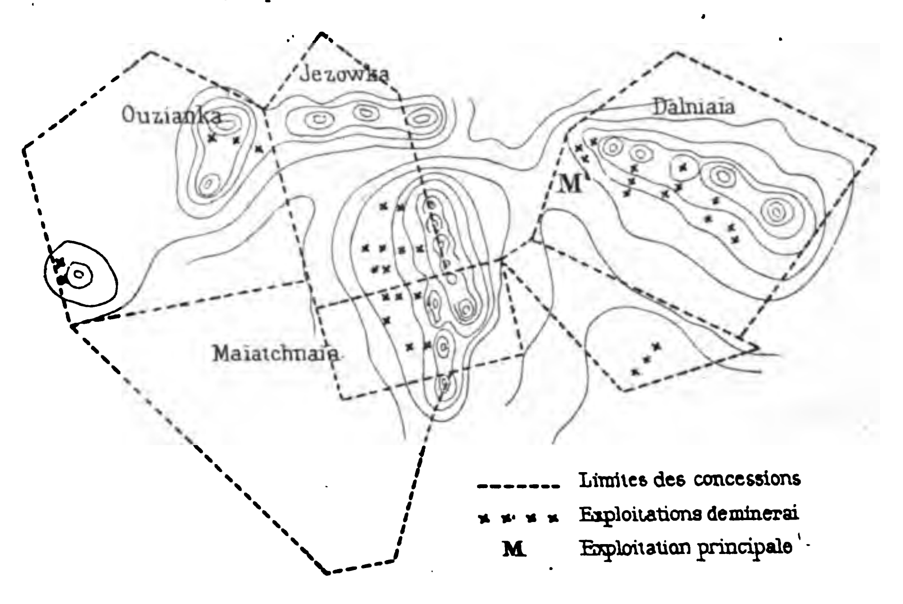
(1) Cette Société, créée en juillet 1900, a racheté à la Société Oural-Volga les usines d'Awzianopetrowsk et de Lemeza avec la mine de Komarowo.

provient évidemment d'actions métamorphiques subies par l'hématite brune.

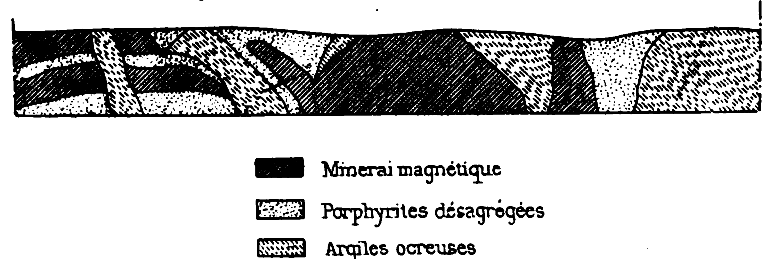
Des travaux de recherche exécutés l'année dernière près

Fig. 2.

Disposition générale des Collines de Magnitnaïa
(d'après le Professeur Zemiatschinsky)



Coupe par l'un des gisements de Magnitnaïa
(d'après le Professeur Zemiatschinsky)



de l'usine Lemeza ont démontré que les hématites brunes de certaines couches se transformaient en profondeur en *fer carbonaté* (1); le même fait a été constaté précédemment à Bokal et il

(1) Travaux de recherches exécutés par M. Georges Reymond.

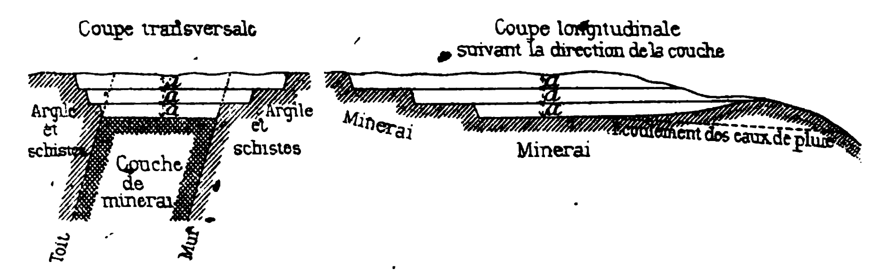
est permis de supposer qu'à Komarowo aussi on rencontrera en profondeur les carbonates ayant donné naissance aux hématites reconnues et exploitées actuellement.

Exploitation.

Dans tout l'Oural méridional, sauf en quelques cas exceptionnels où l'on a été obligé d'exploiter des couches de faible puissance, l'extraction du minerai a lieu à ciel ouvert; ce mode de procéder est rendu possible par la grande épaisseur des couches d'une part, et par leur forte inclinaison (environ 18° sur la verticale) d'autre part; le croquis *(fig. 3)* indique la coupe théorique d'une exploitation de ce genre.

Fig. 3.

Coupes théoriques de l'exploitation à ciel ouvert



Pour l'écoulement des eaux on établit des fossés aboutissant à la vallée la plus proche et on commence autant que possible l'exploitation par un point permettant cette disposition *(Pl. 11, fig. 1)*.

Ces exploitations à ciel ouvert ainsi disposées ne nécessitent aucun appareil mécanique; les travaux n'ont lieu qu'en été et les ouvriers, presque uniquement de nationalité russe, viennent en partie de fort loin avec leurs familles, leurs chevaux et leurs chariots, pour retourner dans leurs villages respectifs en hiver; on construit généralement quelques casernes en bois à la mine, mais l'ouvrier établit de préférence lui-même sa hutte, suffisante pour y passer la saison d'été avec sa famille et son bétail.

Jusqu'à présent, les pompes, les wagonnets, les plans inclinés sont inconnus dans la plus grande partie de ces mines primitives; tous les transports se font en chariots à un cheval conduits par les enfants des ouvriers; ceux-ci exécutent eux-mêmes les trous

de mine, la femme se chargeant généralement de maintenir le foret.

Le *prix de revient* de ces minerais varie naturellement beaucoup suivant l'épaisseur et la richesse de la couche, le découvert nécessaire, la dureté du terrain, la teneur en quarz et, par suite, le triage, etc., et on peut admettre 2 à 3 1/2 kopeks par poud de minerai grillé sur le carreau de la mine (1,22 R. à 2,14 Rs, ou bien 3,29 à 5,78 *f* par tonne) (1). Ce prix se décompose approximativement comme suit :

	Kopeks par poud.
Extraction proprement dite (main-d'œuvre), de.	1,20 à 2,80
Grillage en tas (main-d'œuvre et bois pour grillage), de.	0,25 à 0,25
Traitements des surveillants et porions, de. . .	0,20 à 0,30
Dynamite (achat, transport, magasin), de . . .	0,05 à 0,20
Matériaux divers, transport d'approvisionnements, de	0,15 à 0,15
Divers et imprévus, de	0,05 à 0,10
Total de.	1,90 à 3,30
ou bien par tonne de minerai . . . . *f*	3,13 à 5,44

Toutefois, ce sont les frais de transport de la mine à l'usine qui jouent le rôle principal dans le prix de revient de la fonte, ce transport majorant le prix du minerai suivant les distances à parcourir et atteignant, par exemple, pour le minerai de Magnitnaïa, transporté par chevaux à Bieloretzk, sur 80 verstes (2), le triple du prix du minerai sur le carreau de la mine.

L'extraction n'ayant lieu que pendant les mois d'été le transport ne se fait, par contre, qu'en hiver, par traineaux (*Pl. 11*,

(1) On peut toujours admettre en chiffres ronds une valeur du rouble de 2,70 *f* ou bien un rapport du rouble au franc de 3/8. De plus, nous devons observer que dans le cours de cette étude nous avons maintenu les unités usitées dans l'Oural (roubles, pouds, korobs, etc.) afin de permettre une comparaison plus facile de nos chiffres avec d'autres données analogues. Nous n'avons transformé en unités du système décimal et en francs, que les résultats généraux ou définitifs lorsque nous avons jugé cette transformation intéressante pour le lecteur français. Les divers facteurs d'un prix de revient sont toujours déterminés suffisamment par leurs valeurs relatives permettant d'établir facilement leur influence sur ce prix. Notons cependant une fois pour toutes et pour permettre les transformations, que la valeur d'un produit étant donné en *roubles par poud* il suffit de multiplier cette valeur par le coefficient pratique de 164,7 pour obtenir la valeur correspondante en *francs par tonne*.

(2) Rappelons que 1 verste = 1,067 *km*.

fig. 2); un homme surveille alors facilement trois à cinq chevaux attelés chacun à un traineau chargé, suivant l'état et le profil de la voie tracée dans la neige, de 25 à 50 pouds de minerai (400 à 800 *kg*).

Il est utile de rappeler ici que les prix de revient ci-dessus sont établis pour minerais exploités dans des terrains appartenant aux usines; pour les minerais qui se trouvent dans les *terrains de l'État*, une indemnité annuelle fixe, doit être payée au fisc pour travaux de recherche à exécuter en des points à déterminer avec poteaux indicateurs et moyennant avis préalable aux autorités compétentes; ces travaux de recherche donnent droit à l'exploitation. Pour les minerais en *terrains baschkirs*, il n'en est plus de même, le baschkir étant propriétaire du sous-sol et pouvant exiger une redevance; ces affermages sont obtenus par votes des représentants des communes propriétaires, sous une forme identique à celle en vigueur pour les forêts, ainsi qu'on le verra plus loin; la redevance atteint généralement 1/4 de kopek par poud de minerai extrait (environ 0,412 *f* par tonne) chiffre qui n'a pas été dépassé que dans des cas exceptionnels créés par la concurrence.

Grillage du minerai. — Le grillage du minerai se fait généralemen en tas à la mine même et peu de temps avant l'expédition à l'usine. Le minerai extrait est amené par une estacade au-dessus d'un tas de bois de grandeur variable formé de bois en bûches et autres déchets coupés autant que possible à proximité ; on le régularise de façon à permettre le mesurage qui sert au contrôle définitif du stock *(Pl. 11, fig. 3)*, les salaires se réglant au cube d'abatage et avec échelle variable suivant la richesse de la couche exploitée ; généralement on ne se sert pas de bascules à la mine, mais on ne pèse le minerai qu'à l'arrivée à l'usine.

Si, pour du fer spathique, le grillage s'impose, il n'en est pas de même pour l'hématite qui peut être chargée crue au haut fourneau, et qui, par le grillage, ne perd que très peu de son poids, suivant son humidité; si le grillage est maintenu dans l'Oural pour l'hématite, cela tient à ce que les pores du minerai notamment de celui des affleurements, sont remplies d'argile qui, en se desséchant, tombe en poussière lorsque l'on casse le minerai.

Le grillage à la mine même s'impose d'autant plus que le

transport par chevaux est très onéreux et que l'on a tout intérêt à diminuer la proportion de matières stériles avant l'expédition; toutefois, si des pluies surviennent après le grillage, l'effet de cette opération est annulé presque complètement.

A l'usine de Zigaza qui n'est éloignée de la mine de fer que de douze verstes, on a essayé le grillage en fours verticaux avec déchets de bois, la marche des hauts fourneaux en a été évidemment améliorée ; à l'usine de l'Inzer (von Dervis) nous avons vu, d'autre part, un four d'essai pour grillage au gaz de haut fourneau, mais l'installation n'a pas été développée à cause de la question du transport à grande distance, d'une part, et aussi parce qu'il n'y a pas de gaz en excès à cette usine.

III. — **Exploitation forestière.**

Essences principales.

Les essences de bois de l'Oural méridional qui intéressent spécialement l'industrie de la fonte sont le *pin rouge* et le *bouleau;* le *hêtre* qui est en Hongrie, par exemple, la base principale de la fabrication des fontes au bois n'existe pas dans cette région, aussi l'aspect des forêts est-il tout particulier et complètement différent de ce que nous connaissons en France. Une essence des plus répandues est ensuite le *tremble*, qui pousse dans l'Oural comme la mauvaise herbe; puis, le *tilleul*, exploité par les baschkirs (1) pour la fabrication des câbles, lanières, chaussures, etc.; ces deux essences ne fournissent que du charbon de qualité inférieure. Nous ne mentionnerons que pour mémoire le *sapin* blanc et noir, le *chêne* que l'on ne rencontre qu'en très faibles quantités, le *mélèze* qui tend à disparaître de plus en plus, enfin l'*aulne*, l'*orme*, etc.

Nature des domaines forestiers.

Au point de vue industriel il faut distinguer, dans l'Oural méridional, trois catégories de domaines forestiers, nettement différentes, savoir :

(1) Le baschkir forme la population principale de l'Oural méridional; il vit, en hiver, dans des villages construits en bois et, en été, dans des huttes établies au milieu des forêts qui appartiennent à la communauté; il se rapproche du tartare qui occupe la région de la plaine entre Oufa et Orembourg, mais est moins civilisé que ce dernier; les racines des deux langues sont identiques, et la religion est musulmane; leurs écoles et leurs mosquées sont gérées par des « mullahs » élus.

a) Les domaines appartenant en *toute propriété* aux usines; ceux-ci sont mesurés, aménagés et exploités par des employés forestiers de ces usines, sauf approbation par les autorités gouvernementales des plans d'aménagement. Il y a quelques années, on trouvait à acquérir des terrains forestiers aux prix de 9 Rs et même de 6 Rs par déciatine (1), suivant leur situation, mais actuellement les prix sont déjà à 18 Rs et même pour certaines régions à 25 Rs par déciatine (62 *f* l'hectare), c'est-à-dire qu'ils ont triplé; et il est tout naturel qu'en présence des nouveaux projets de lignes de chemin de fer il faille s'attendre encore à des augmentations.

Les Sociétés industrielles autorisées par le Gouvernement ont le droit d'acquérir des domaines de ce genre sous certaines conditions lorsqu'ils appartiennent déjà à des particuliers;

b) Les *forêts de l'État* dont l'aménagement est fait par les agents du Gouvernement; leur exploitation est, soit conduite, soit contrôlée par eux en cas d'affermage aux usines. Ces affermages sont conclus généralement pour quatre-vingt-dix années moyennant des indemnités basées sur la quantité de bois coupée et sur les surfaces de coupes annuellement concédées. Le dernier chiffre imposé aux établissements métallurgiques dans l'Oural méridional atteignait 1 R. par sagène cube de bois de carbonisation (2), soit 0,27 *f* par stère, le décompte étant fait chaque année avant l'expédition aux fours de carbonisation, aux meules ou aux usines, après contrôle du bois empilé en forêt.

Les surfaces contenant des bois spéciaux dits « de construction » sont généralement réservées par l'État qui vend les bois aux enchères et de préférence sur pied;

c) Enfin les *forêts baschkires* forment l'appoint principal des usines dans l'Oural méridional; les surfaces de ces forêts sont immenses; elles furent cédées aux baschkirs sous Catherine II et doivent être exploitées par eux sous le contrôle des agents forestiers du gouvernement. Il est évident qu'avec des superficies aussi vastes ce contrôle de l'exploitation était presque impossible; on cédait aux usines des coupes déterminées approximativement, mais le nettoyage des coupes, le maintien d'arbres de semences et autres prescriptions économiques et légales, n'ont

(1) Une déciatine répond exactement à 1,0910 *ha*.
(2) Une sagène cubique vaut 9,725 m^3, soit en chiffres ronds 10 m^3.

commencé à être appliqués que récemment. D'autre part, le baschkir ne respecte pas ses forêts, coupe et taille à sa guise pour ses besoins quotidiens, et l'on conçoit fort bien qu'autour des villages et des *résidences d'été* aucun arbre ne puisse arriver à se développer, sans compter les dommages causés par le bétail et les chevaux lâchés librement dans la forêt pendant tout l'été, rognant les jeunes pousses, écrasant les jeunes arbres, ni les incendies de forêts qui trouvent un aliment facile dans les souches, les branchages soit tombés, soit provenant des coupes et non enlevés, incendies qui ne peuvent être combattus efficacement à cause des distances et du défaut de fossés et d'éclaircies.

Ces forêts baschkires étaient précédemment une proie facile pour les marchands de bois russes, qui s'y sont enrichis pour la plupart; mais depuis que l'industrie de la fonte s'est développée et que les usines ont compris qu'il était de leur intérêt de ménager ces richesses forestières en évitant les surcoupes et le gaspillage, même au prix de quelques sacrifices momentanés nécessaires, la situation a changé dans l'Oural méridional et les principes d'économie forestière commencent à être appliqués plus sérieusement.

Les affermages des forêts appartenant à la peuplade baschkire peuvent être légalement conclus par les marchands de bois pour six ans seulement, par les usines pour douze, vingt-quatre et même cinquante années ; une loi récente autorise même les usines à se rendre propriétaires de ces forêts dans des districts déterminés. Pour ces contrats, un vote des baschkirs est nécessaire et ces réunions où les concurrents présentent leurs projets de contrats, où les délégués signent le contrat accepté par eux, après entente avec leurs concitoyens présents quelquefois au nombre de 4 à 5 000 (il y a généralement un délégué par dix à trente habitants-propriétaires), sont souvent fort tumultueuses et rappellent certaines réunions électorales.

On réserve toujours aux baschkirs un droit au travail jusqu'à une certaine limite, et fixe au contrat de salaire minimum par sagène cube de bois coupé; des *redevances* par déciatine de coupe annuelle ou par sagène cube de bois sont de même déterminées et votées; ces redevances qui alimentent la caisse des communes intéressées pour l'entretien des écoles, des mosquées et le paiement des impôts au Gouvernement, étaient négligeables autrefois, mais atteignent actuellement, à la suite des concurrences créées par les usines nouvelles, 5 à 11 Rs, par déciatine

de coupe annuelle suivant la richesse de la forêt; elles peuvent aussi être basées sur le cube de bois abattu et s'élèvent alors à 0,25 Rs et 1 Rs par sagène kourenne (1) suivant la qualité du bois.

Pour les bois de construction, il y a, de même, des clauses spéciales avec prix d'abattage et redevances suivant les longueurs et les diamètres des pièces, mais nous n'entrerons pas ici dans ces détails, importants surtout pour la construction des barques dont il sera question plus loin.

On peut conclure de cette organisation que la tâche des usines n'est pas facile et que les difficultés augmentent avec la production, sans compter que ces contrats, quoique votés et signés par les baschkirs ne peuvent entrer en vigueur qu'après examen et approbation définitive par le Comité du gouvernement local d'Orenbourg ou d'Oufa.

IV. — **Carbonisation du bois.**

La préparation du charbon de bois joue un rôle prépondérant dans la fabrication des fontes au bois et présente, du reste, dans ses diverses phases les plus grandes difficultés, étant donné que pour obtenir une tonne de ce combustible, il faut des opérations beaucoup plus compliquées et plus coûteuses que pour fabriquer une tonne de coke.

Avec le coke, la production n'est pour ainsi dire pas limitée, et il faut chercher surtout à obtenir un faible prix de revient de la houille et un bon lavage en vue de teneurs en cendres aussi faibles que possible et d'une dureté convenable; ces opérations sont généralement concentrées en un seul point et peuvent se faire mécaniquement et à bas prix.

Pour le charbon de bois on est limité d'abord par la *surface forestière* proprement dite, et par la richesse des forêts disponibles; il faut songer au repeuplement des coupes, avec les essences les plus avantageuses, à la coupe des bois, au recrutement et à l'alimentation des bûcherons et des charbonniers pour le cas de travail en meules, à l'installation des fours et au transport des bois à ces fours dans le cas contraire, et enfin au transport à

(1) Le sagène kourenne est une mesure spéciale appliquée dans l'Oural, au bois de carbonisation répondant presque exactement à deux sagènes soit 20 stères.

l'usine du charbon de bois produit en des points souvent fort éloignés les uns des autres. Tant que l'on limitait la production des hauts fourneaux au bois à 12-20 *t* par jour et n'installait en un seul centre que deux au plus de ces petits appareils, les difficultés n'étaient pas trop grandes; mais lorsque l'on a voulu produire 40 *t* par vingt-quatre heures et par fourneau et installer deux fourneaux par usine, il n'en a plus été de même, et l'absence de voies de communication s'est fait durement sentir.

Une autre difficulté dans la fabrication du charbon de bois est l'obtention d'une *qualité* convenable : cette qualité pour l'emploi au haut fourneau dépend, en effet, non seulement de l'essence du bois, de l'âge des arbres, du degré de sécheresse des bûches, du mode de transport (par terre ou par flottage) mais aussi du mode de carbonisation lui-même.

Cette question de qualité a été reconnue tellement importante que l'on a installé récemment dans l'Oural des stations d'essai officielles, notamment celle de Zlataoust, sous la direction des Ingénieurs de l'État. On y a obtenu déjà des résultats fort intéressants, qui sont venus confirmer en partie les conclusions de la pratique des usines. Il a été constaté, notamment, par des essais méthodiques comparatifs basés sur des analyses, que les charbons de meules qui donnent les meilleurs résultats au haut fourneau, contiennent des proportions beaucoup plus grandes de *carbone fixe* que les charbons produits dans les fours ; ces derniers présentent de fortes teneurs de matières volatiles (carbures d'hydrogène) qui restent sans effet au haut fourneau lors de la réduction du minerai; l'on cherche encore le type de four de carbonisation qui permettrait une marche du travail analogue à celle qui a lieu dans les meules, mais nous doutons que l'on y parvienne pratiquement.

Il ne faut pas oublier, du reste, que si le charbon de meules est supérieur en qualité au charbon des fours, il est par contre, beaucoup plus cher par suite du moindre rendement en poids et en volume, de sorte que finalement il y a équilibre au point de vue du prix de revient de la fonte, entre les deux modes de fabrication; cependant, c'est la carbonisation en fours qui a prévalu dans l'Oural par suite de la difficulté du recrutement de charbonniers connaissant leur métier et d'autant plus difficiles à trouver que le nombre des usines augmentait; une autre raison est aussi le défaut de quantité suffisante de bois feuillu tel que le hêtre, fournissant des couvertes convenables pour les meules;

en effet, dans les forêts de pins on ne peut couvrir les meules qu'avec des mottes de gazon lorsqu'il y en a (1).

Jusqu'en ces dernières années, certaines usines carbonisaient les bois par la méthode primitive dite *en cabanes* d'où le nom de « kabantschik » donné aux charbonniers: cette méthode consistait à couper les arbres quelconques en sections de longueurs quelconques, et à empiler les bois horizontalement sans contrôle aucun de la consommation ou du rendement. Cet empilage recouvert de terre végétale était allumé par le centre et donnait des rendements excessivement bas; le paiement se faisait à l'usine à forfait au cube de charbon livré par le charbonnier.

Ce gaspillage a été supprimé définitivement depuis quatre ans seulement, et actuellement toutes les usines travaillent partie en *meules*, partie en *fours*.

Le type de four le plus usité dans l'Oural est le four rectangulaire avec foyer d'allumage latéral et carneaux allant au centre du four; une porte en fonte sur l'un des côtés du rectangle sert au chargement du bois et au déchargement du charbon; enfin, aux angles se trouvent deux ou quatre cheminées en planches fixées dans des tonneaux destinés à recueillir les goudrons non brûlés.

On se sert principalement dans l'Oural méridional de fours relativement petits d'une contenance de quatre sagènes cubes, faisant quatre opérations par mois, et carbonisant par suite très rapidement; nous avons, par contre, adopté des fours de neuf sagènes cubes ne faisant que deux opérations par mois dans le but d'obtenir un charbon meilleur par une carbonisation plus lente, se rapprochant un peu de celle des meules (*fig. 4*), ces grands fours ont, de plus, l'avantage, à production égale, de coûter moins cher d'installation; ils sont construits en briques rouges ordinaires, fabriquées autant que possible sur place, et recouverts d'une toiture primitive en bois dont les supports servent d'armature à la maçonnerie (*Pl. 41, fig. 4*).

Nous avions étudié en 1896, lors de la reconstruction de l'usine d'Awzianopetrowsk, l'emploi de *fours Dromart transportables* construits en cornières et tôles minces avec enduit d'argile, mais

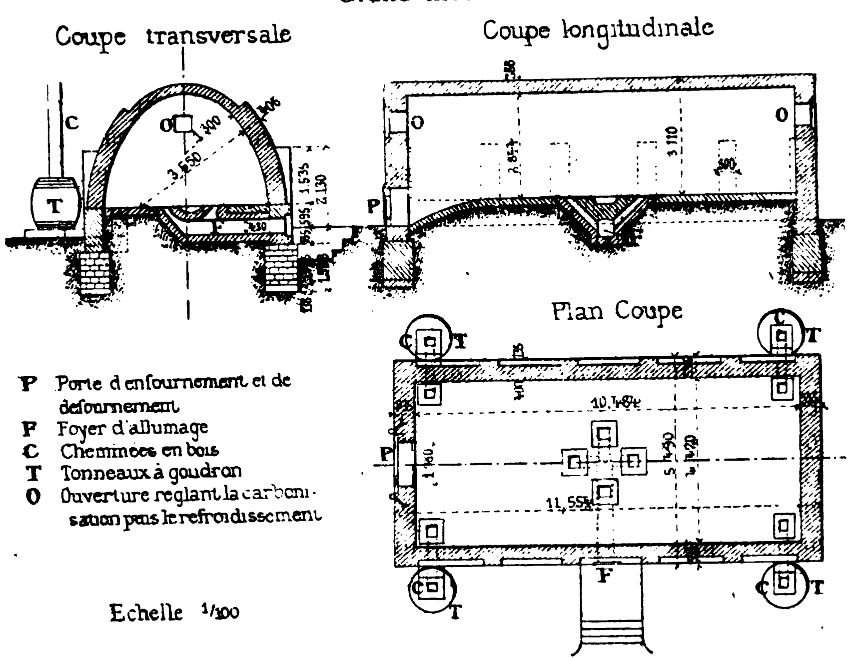
(1) Les usines de Reschitza et d'Anina de la Société Austro-Hongroise des Chemins de fer en Hongrie, qui fabriquent une assez forte quantité de fontes au bois, n'ont jamais employé de fours pour leur carbonisation même là où celle-ci était concentrée sur un emplacement spécial ! La raison unique de ce maintien de la meule est la qualité du charbon et la possibilité d'obtenir assez de feuilles de hêtre pour couvrir les meules; il y a, en outre, un bon noyau d'ouvriers spéciaux connaissant leur métier.

n'avons pu donner suite à ces projets par suite de difficultés locales. Des essais ont été faits aussi avec *fours américains* (genre de fours à boulanger); ces derniers n'ayant fourni que des résultats économiques médiocres, autant par suite d'un vice de construction probable, que par suite d'une conduite défectueuse des opérations, ont dû être supprimés. Nous croyons devoir mentionner aussi les fours suédois du système *Ljüngberg* à forte production, mais qui exigent des frais de premier établissement

Fig. 4.

Four de carbonisation de bois à Awzianopetrowsk

Grand modèle



très élevés et un approvisionnement important, assuré régulièrement, en bois de qualité et de dimensions aussi homogènes que possible.

Tandis que pour la carbonisation en meules, le transport des bois n'a que peu d'importance, étant fait sur de faibles distances par les charbonniers eux-mêmes, ce n'est plus le cas avec les fours! Ceux-ci sont installés, en effet, par groupes aussi importants que possible, en vue de faciliter la surveillance et de ré-

duire la main-d'œuvre, et en des points à déterminer suivant la configuration des terrains, les emplacements des coupes de bois à prévoir pendant une période de dix années environ, enfin aussi près que possible de l'usine !

Dans la plupart des cas, le bois est amené par traîneaux en hiver, et empilé près des fours ; mais lorsque cela est possible, on a recours au *flottage par immersion* avec barrage à aiguilles du système tyrolien, qui arrête les bois près des fours. Lorsque la disposition du terrain le permet on évite l'installation coûteuse de barrages, et profite de l'inondation momentanée des terrains de la rive, au printemps de chaque année, pour y laisser déposer les bois, retenus alors simplement par un barrage provisoire; les eaux rentrant dans leur lit après la période d'inondation de 8 à 15 jours, le bois reste à sec, prêt à être empilé. Suivant les forêts traversées par la rivière et ses affluents, on arrive ainsi à former des groupes de 10, 20, 50 et plus de fours de carbonisation, placés près des hauts fourneaux et travaillant alors dans des conditions aussi économiques que possible (1).

Ces carbonisations centrales paraissent évidemment tout indiquées pour la distillation en vases clos, tels que cornues, fours Dromart fixes, etc., permettant de récupérer les produits secondaires, tels que le vinaigre de bois, l'alcool méthylique, l'acétone, et de fabriquer des acétates de chaux et de soude; il faudrait cependant, procéder alors à un triage soigné des essences, écartant celles qui fourniraient une trop grande quantité de goudrons, encombrants et de vente difficile. La production industrielle d'un tonnage d'une certaine importance de ces produits pourrait réduire notablement le prix de revient du charbon, mais les prix de vente en vigueur baisseraient immédiatement. Il y aurait à considérer aussi les approvisionnements en acides, soude, etc., puis l'expédition des produits, enfin les dépenses de premier établissement, toujours très élevées. Nous avons fait, autrefois, personnellement, aux usines de Reschitza, en Hongrie, des essais pratiques, avec cornues verticales, dans lesquelles le bois de hêtre était carbonisé en onze heures; le charbon de bois

(1) A Awzianopetrowsk, nous avons installé ainsi un groupe de 27 fours grand modèle, à une distance de 5 werstes de l'usine; à l'usine Lemeza on a prévu un grand barrage et un groupe de 80 fours placés de même à 5 werstes de l'usine à laquelle ils doivent être reliés plus tard par une voie étroite.

A l'usine d'Ouziane (Société de Bieloretzk) un groupe important de fours se trouve dans l'usine même, ce qui a donné lieu à des procès avec les habitants de la localité incommodés par les fumées.

obtenu avec une allure spéciale des opérations de distillation, nous a donné au haut fourneau, toutes choses égales d'ailleurs, des résultats très peu différents de ceux obtenus avec charbon de meules. Nous ne connaissons, toutefois, pas d'usines métallurgiques ayant appliqué pratiquement la récupération des sous-produits à la fabrication du charbon de bois pour hauts fourneaux.

Le ***transport du charbon*** ne se fait généralement qu'en hiver par traîneau, comme pour le minerai; il est chargé dans de grands paniers répondant approximativement à l'unité de mesure adoptée par chaque usine et appelée ***korob*** (1).

Le prix de transport du korob varie, suivant les distances, de 3 à 4 kopeks par verste; il ressort de là que ces frais de transport arrivent à doubler le prix du charbon et que là, comme pour le minerai, ce ne seront que les chemins de fer de largeur de voie quelconque qui pourront remédier à ce grave inconvénient.

Ajoutons que le transport régulier du charbon à l'usine permettrait de n'employer que du combustible sec, la pluie et la neige, quoi qu'on ait pu prétendre, ayant une influence sur le rendement au haut fourneau! Le charbon imbibé d'eau ne perd pas cette eau par évaporation au gueulard du haut fourneau, mais il se produit, pendant la descente des charges, de la vapeur qui fait éclater les morceaux de charbon et produit, en outre, de l'hydrogène; beaucoup d'usines de l'Oural tiennent compte de cette observation fournie par la pratique et cherchent autant que possible à emmagasiner tout le charbon dans des hangars couverts aussi bien à l'usine même que près des groupes de fours en forêt.

Prix de revient du charbon.

Le prix du korob de charbon est excessivement variable, car il dépend de nombreux facteurs à déterminer dans chaque cas particulier. Nous nous bornerons donc à indiquer un maximum et un minimum pour charbons de meules d'une part et charbon

(1) Un « korob » ou « korb » contient en chiffres ronds, 20 hectolitres, mais la dimension est très variable suivant les usines; le korb des usines de l'État est de 22 600 *verschoks cubes*, celui d'Awzianopetrowsk n'est que de 22 400 verschoks cubes, enfin à Woskresensk on a adopté 26 900 verschoks cubes. Rappelons que 1 verschok = 4,445 *cm* donc 1 vershok cube = 87,82 *cm*.

de fours avec flottage d'autre part, tout en faisant remarquer qu'avec les fours le rendement est beaucoup plus élevé qu'avec meules. Pour le charbon de fours avec bois amenés par chevaux, on obtient généralement un prix intermédiaire entre les deux prix indiqués comme exemple ; dans ce troisième cas les distances aux usines comportent de 10 à 50 verstes.

DÉPENSES PAR SAGÈNE CUBE DE BOIS	CHARBON FABRIQUÉ EN MEULES		CHARBONS DE FOURS AVEC BOIS FLOTTÉS	
	de	à	de	à
	roubles	roubles	roubles	roubles
Salaires pour coupe des bois . .	1,50	2,40	1,50	2,40
Redevance par sagène cube. . .	0,30	1 »	0,30	1 »
Transport aux meules.	0,60	2 »	»	»
— à la rivière.	»	»	1 »	2 »
Frais de flottage.	»	»	0,50	1 »
Débardage et empilage.	»	»	0,50	0,80
Salaires de carbonisation et frais divers	1,30	2 »	0,80	0,80
Total par sagène cube de bois. .	3,90	7,40	4,60	8 »
Rendement en korobs par sagène cube carbonisé	2 1/2 korbs		3 korbs	
Prix du korob sur place	1,56	2,92	1,54	2,67

Les distances des centres de carbonisation aux usines comportant pour les fours de 2 à 10 verstes à raison de 4 et même 5 kopeks par korb-verste, pour les meules de 10 à 40 et même 50 verstes à un prix moyen de 3,5 kopeks, on arrive à un prix du korob à l'usine de *3,20 Rs* en moyenne, ou bien $\frac{3,20}{20} = 0,16$ *Rs* = *0,43 f l'hectolitre.*

Notons encore que le poids d'un korb varie suivant l'essence du bois, l'humidité du charbon et la grosseur des morceaux, entre 16 pouds pour le charbon de pin et 25 pouds ou plus encore pour le bouleau, le chêne, etc.

CALCUL DES SURFACES FORESTIÈRES NÉCESSAIRES AUX USINES.

Connaissant en moyenne le rendement de la carbonisation, on est à même de déterminer la superficie forestière nécessaire pour produire une quantité de fonte déterminée et inversement.

Pour la consommation d'aciéries, de fours à réchauffer ou à puddler, on se basera sur la quantité de bois consommée par tonne de produits finis; pour les hauts fourneaux c'est la consommation de charbon qui servira de point de départ, c'est ce dernier cas que nous choisirons comme exemple.

Lors de la construction d'une usine à fonte, il faut tenir compte non seulement du minerai et de la situation des hauts fourneaux par rapport à la mine au point de vue du transport, mais aussi de l'approvisionnement en charbon de bois ; c'est cette question qui présente dans l'Oural d'assez grandes difficultés, autant par suite de l'absence presque totale de chemins et de la nécessité de ne transporter qu'en hiver, que par suite de l'absence d'une *taxation* forestière convenable. On ne peut compter que sur des approximations basées sur la superficie forestière, sur l'état de la forêt à exploiter, sur les essences prépondérantes et par suite sur le roulement normal tenant compte du reboisement, enfin sur le rendement au haut fourneau calculé en fonte par unité de charbon consommé.

Comme *moyenne* nous pouvons admettre les chiffres suivants pour l'Oural méridional :

Rendement en bois par déciatine de coupe annuelle.	18 sag. cubes
— par sagène cube de bois carbonisé (minimum)	2,5 korobs
d'où rendement en charbon par déciatine de coupe annuelle.	45 —
Production de fonte par korob de charbon, environ.	17 pouds
d'où production de fonte par déciatine de coupe annuelle.	765 —

Si l'on admet une période de roulement de 60 années comme moyenne des bois exploités, il en résulte que pour les 765 pouds de fonte ci-dessus, il faut une surface forestière totale de 60 déciatines (1).

(1) Dans l'Oural on peut adopter les roulements suivants :
Pour bois de pin et de sapin : 80 à 100 ans suivant destination du bois;
Pour le bouleau, 40 à 50 ans ;
Pour le tremble, 30 à 50 ans, etc.

Appliquant ce chiffre moyen à la production de fonte des usines de l'Oural méridional estimée à *10 000 000* de pouds en chiffres ronds, on trouve qu'il faut disposer, pour atteindre cette production sans nuire au reboisement des forêts, d'une surface de coupes annuelle d'au moins $\frac{10\,000\,000}{765} = 13\,072$ déciatines, ou bien d'une propriété forestière totale de $13\,072 \times 60 = 784\,320$ déciatines (1). Inversement, les superficies forestières dont peut disposer une usine étant données et connaissant les essences principales, il est facile de déterminer la quantité de fonte que l'on peut produire et il faut alors installer les hauts fourneaux conformément à ces chiffres si l'on ne veut pas s'exposer à de sérieux mécomptes.

Rappelons que tout ceci s'applique à la situation actuelle sans chemins de fer, mais que la construction de voies ferrées faciliterait beaucoup le problème, le charbon pouvant alors être transporté à de plus grandes distances.

V. — **Hauts fourneaux et accessoires.**

Les principes élémentaires de la construction des hauts fourneaux, que ceux-ci fonctionnent avec du coke ou avec du charbon de bois sont en réalité identiques ; il n'y a de différences que dans certains détails qui varient eux-mêmes suivant la nature du combustible et du minerai ; tels fourneaux construits pour charbon de bois ont fonctionné sans inconvénient avec du coke, voire même avec de l'anthracite ou encore avec un mélange des trois combustibles (2).

Profil des hauts fourneaux.

On a choisi pour les hauts fourneaux les profils les plus divers, souvent sans discernement, mais en tous les cas ils doivent être adaptés à la dureté du charbon, à la nature du minerai disponible et à la qualité de fonte que l'on désire obtenir.

(1) Ceci répond à 863 000 *ha* de forêts pour une production annuelle de 164 000 *t* de fonte au bois.

(2) Aux usines d'Anina et de Reschitza en Hongrie la marche à deux et trois combustibles en mélange est appliquée couramment et donne d'excellents résultats — notamment l'addition de coke à la charge de charbon de bois, toutes choses égales d'ailleurs, augmente dans de fortes proportions la production d'un haut fourneau.

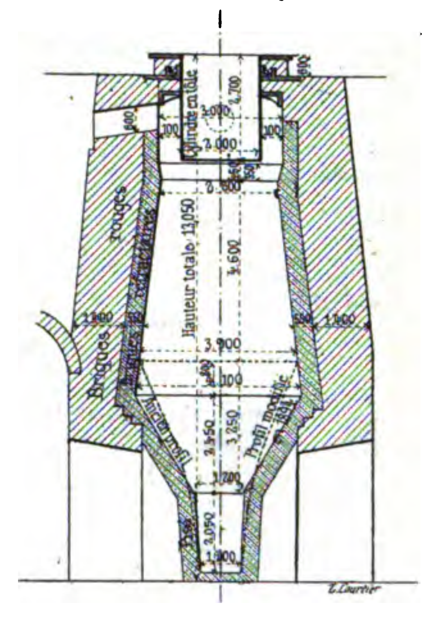
Les anciens hauts fourneaux de l'Oural (fig. 5) étaient construits avec creuset très étroit, ventre large ; nous reproduisons le profil des *anciens* hauts fourneaux d'*Awzianopetrowsk* rentrant dans cette catégorie.

En ces derniers temps on est tombé dansl'excès contraire et à l'usine d'*Archangelsk* on a construit deux fourneaux avec creusets de diamètre plus grand que le gueulard et cuve presque cylindrique ; cette application trop brutale d'un profil américain à des minerais moins riches et moins fusibles que ceux du Wisconsin et à un charbon de qualité inférieure, ne pouvait évidemment donner de bons résultats, ainsi que l'a démontré la pratique. Les hauts fourneaux d'Archangelsk ont en effet un diamètre au ventre de 2,800 *m*, un creuset de 2,400 *m*, une hauteur utile de 18 *m* plus 4 *m* d'appareil de chargement soit en tout : 22 *m*. Le volume est de 70 m^3 seulement et au lieu de 3 000 pouds prévus par 24 heures ils ne peuvent fournir qu'à grand'peine 1 200 à 1 500 pouds (1).

Fig. 5.

Profil des anciens Hauts fourneaux d'Awzianopetrowsk

Échelle de 0 005 p. m.



En Styrie (Vordernberg) on est arrivé à porter la production d'un haut fourneau de 57 à 63 tonnes par jour en abaissant le ventre et élargissant le creuset ; ces chiffres étaient obtenus avec un volume de haut fourneau de 104 m^3 puis de 113 m^3 ; la raison en est simplement la fusibilité du minerai qui est du fer carbonaté, grillé à l'usine même et chargé à l'état sec *(fig. 6)*.

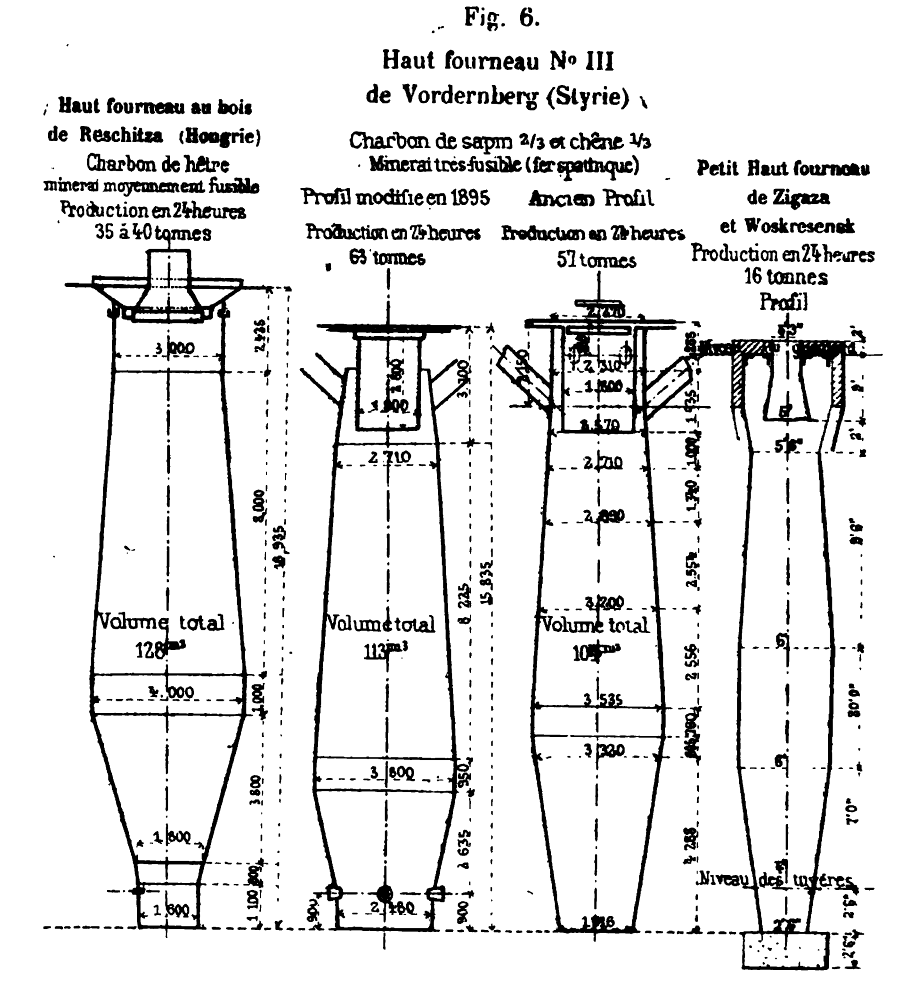
Pour les fourneaux d'Awzianopetrowsk et de Lemeza nous avons adopté ce principe de l'abaissement du ventre et de l'élargissement du creuset avec une certaine modération, en tenant compte

(1) Il est intéressant de comparer aux installations de l'Oural celles du Wisconsin décrites dans les « Iernkontorets Annaler » et dans « Stahl und Eisen » 1896 ; il est évident que les productions de plus de 100 tonnes dans un haut fourneau au bois ne sont dues qu'à la qualité toute spéciale des matières premières.

d'une part de la qualité du minerai disponible, de l'autre de la plus grande friabilité du charbon de bois par rapport à des exemples pratiques connus; les résultats obtenus avec minerai de qualité moyenne et charbon convenable ont répondu à nos prévisions.

Nous indiquons les profils de ces différents hauts fourneaux

Fig. 6.



ainsi que le type auquel nous nous sommes arrêtés *(fig. 6)*. A la Société de Bieloretzk on est allé plus loin encore et on a augmenté le volume du haut fourneau jusqu'à 145 m^3 (le premier projet comportait même 172 m^3), la hauteur adoptée et qui parait être un maximum admissible pour les hauts fourneaux au char-

bon de bois était de 18 *m*, la cuve présentait un profil presque cylindrique.

Ces dimensions peuvent paraîtres exagérées pour des appareils de ce genre et nous croyons préférable de s'en tenir à une hauteur maxima de 17 *m* et volume de 125 à 130 m^3.

Installation générale.

Les anciens hauts fourneaux de l'Oural étaient toujours construits à l'intérieur de bâtiments en briques et munis cependant d'une chemise extérieure en briques rouges (voir la figure 5). Cette disposition avec bâtiment spécial présentant certains avantages a été maintenue dans des installations récentes, mais sans revêtement en briques rouges; la cuve en briques réfractaires est visible sur toute sa hauteur, cerclée simplement avec anneaux de dilatation en fer et peut être réparée de l'extérieur sans difficulté aucune (Awzianopetrowsk, Lemeza, Zizaga, Ouzian, Bieloretzk). Ce bâtiment en briques peut être utilisé facilement comme support du plancher du gueulard *(fig. 2, Pl. 9)* et l'appareil de chargement avec prise de gaz reste ainsi indépendant de la dilatation de la cuve à condition d'employer un joint Lürmann; c'est ce principe que nous avons suivi à Awzianopetrowsk et Lemeza *(Pl. 10, fig. 1 à 6)* (1).

D'autres usines se sont décidées à installer les fourneaux sans bâtiment; dans ce cas la cuve en briques réfractaires est simplement entourée d'une enveloppe en tôle reposant sur la marâtre et portant à la partie supérieure la plate-forme de chargement et la toiture du gueulard (von Dervis), mais l'enveloppe en tôle empêche toute constatation de l'état de la cuve et toute réparation en marche.

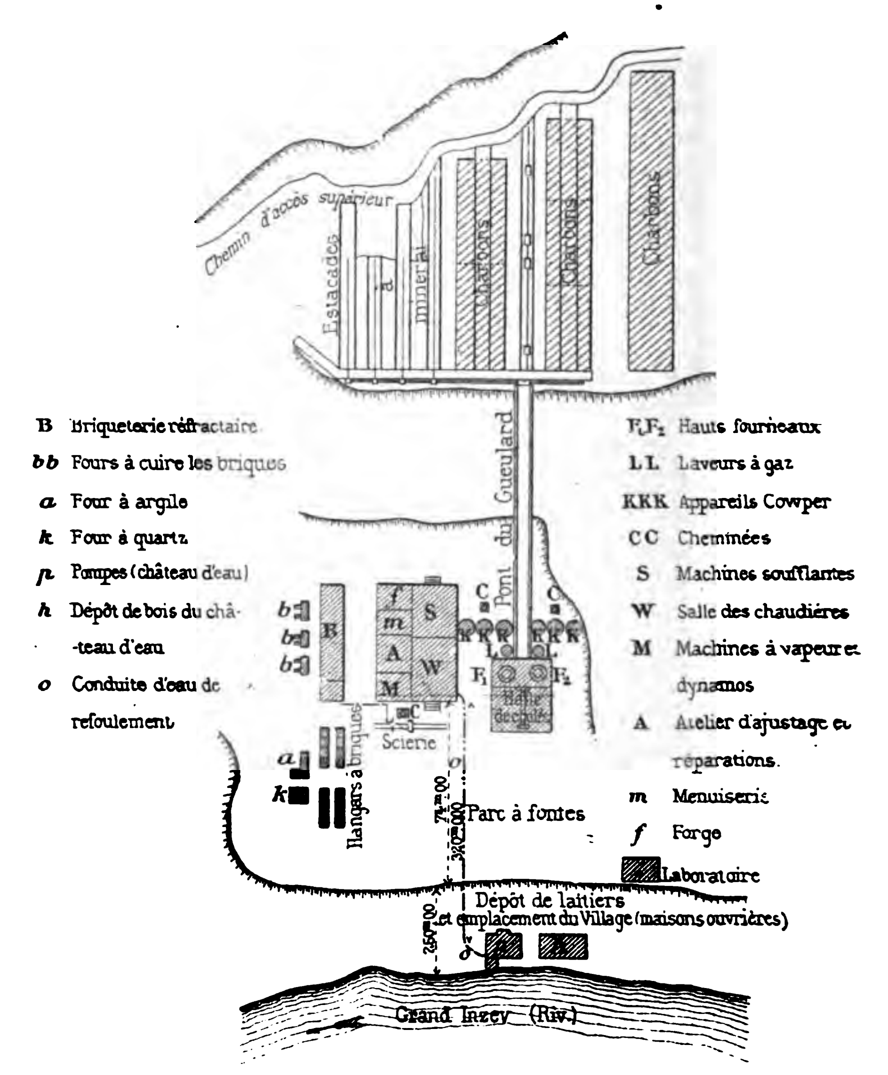
A Archangelsk les fourneaux sont complètement libres, la cuve réfractaire est visible sur toute sa hauteur et les planchers des gueulards et du monte-charges sont supportés par des colonnes en treillis; nous considérons cependant que pour le climat de l'Oural cette disposition présente certains inconvénients.

(1) Il est de mon devoir de mentionner ici la collaboration dévouée de M. P. Graussaud, Ingénieur des Arts et Manufactures, lors de l'établissement des plans, de la construction et de l'installation des usines d'Awzianopetrowsk et de Lemeza *(fig. 9, 10, 11, 12, Pl. 11)*, ainsi que celle de notre Collègue M. L. Mouroz, Ingénieur technologue de l'Institut de Charkow, qui, après avoir dirigé la construction du second haut fourneau d'Awzianopetrowsk, a pris en mains la gestion des deux usines (Société de Komarowo).

MONTE-CHARGES OU PONTS DE CHARGEMENT.

Dans les usines ou le terrain l'exigeait on a adossé les fourneaux *(Pl. 10, fig. 2 et 4)*; nous avons même adopté cette dispo-

Fig. 7. — Usine Lemeza (Échelle 1 3000)



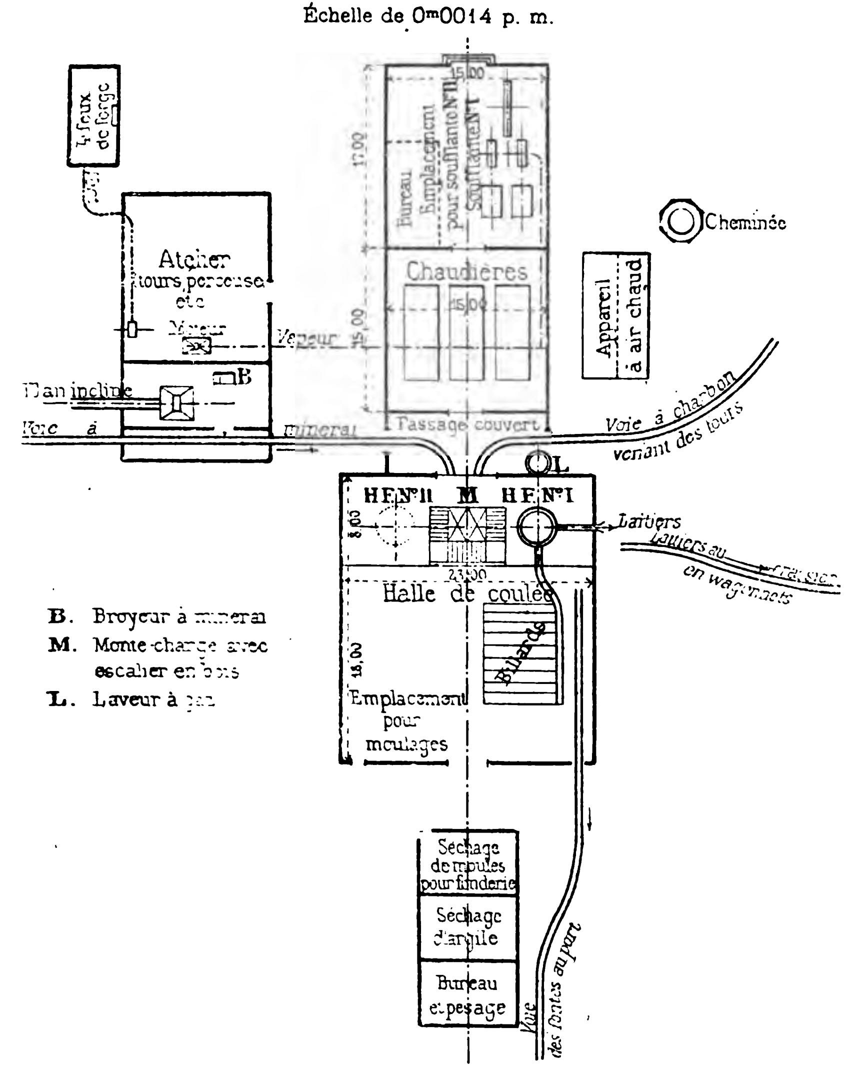
sition récemment à l'usine Lemeza *(fig. 8)*; dans ce cas les *ponts* sont d'une longueur variable avec le profil du terrain et la hauteur des fourneaux ; il faut tenir compte aussi de l'emplacement pour les hangars à charbon et les estacades à minerai et

de l'accès commode des voitures tout en prévoyant pour plus tard le tracé éventuel d'un raccordement au chemin de fer. Dans les usines les plus anciennes on a encore des ponts inclinés en

Fig. 8.

Plan de disposition de l'Usine d'Ouzian

Échelle de 0^m0014 p. m.



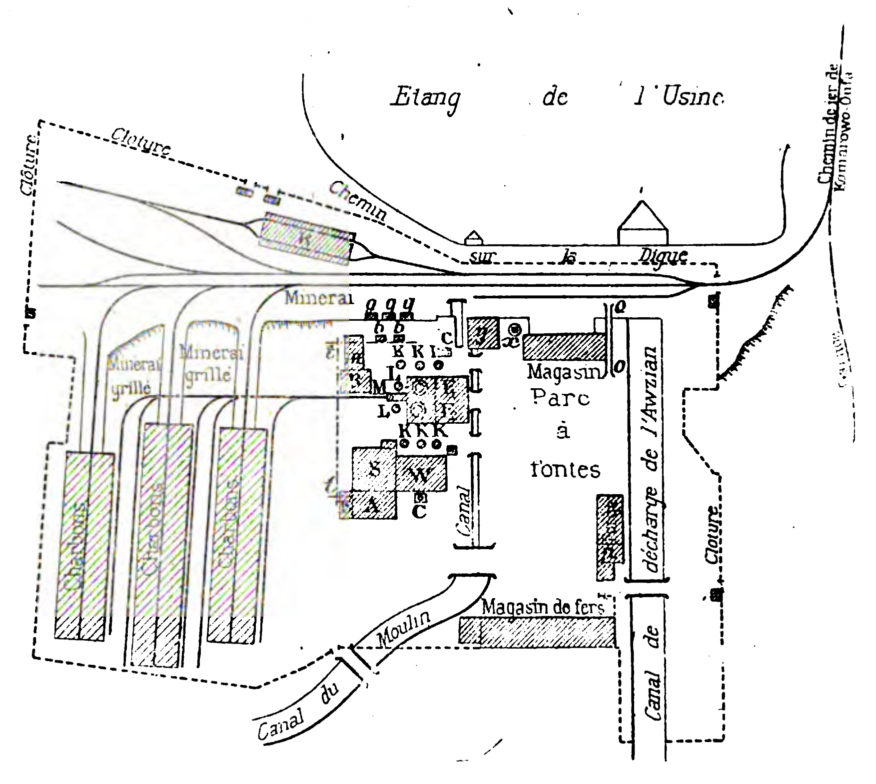
bois sur lesquels montent les chevaux amenant le charbon et le minerai au gueulard.

Comme monte-charges c'est la *balance à eau* qui jouit d'une

grande faveur dans l'Oural ; nous considérons cependant qu'avec

Fig. 9.

Disposition définitive future d'Awzianopetrowsk
avec embranchement de chemin de fer



R Remise pour locomotives
gg Fours de grillage pour minerai
bb Broyeurs à minerai
m Menuiserie, modèles, etc
B Bureau de l'Usine
tt Transmission par câble, (broyeurs etc)
E Machine d'atelier et dynamo
A Atelier de mécanique et d'ajustage
S Machines soufflantes
W Salle des chaudières
M Monte-charges des hauts fourneaux
F_1F_2 Hauts-fourneaux et halle de coulée
KKK Appareils Cowper
LL Laveurs à gaz
CCC Cheminées
y Broyeur à quartz
x Cubilot pour grillage de quartz
oo Plan incliné pour fontes
p Pompes à incendie

les fortes gelées ce système présente de graves inconvénients, que nous avons constatés du reste ; à Ouzian *fig. 8)* le monte-charges

est à l'intérieur du bâtiment; à Archangelsk on a installé des tuyaux d'amenée d'eau doubles, l'eau circulant à l'intérieur, l'air chaud dans l'espace annulaire. Ces complications peuvent être évitées par le monte-charges à *câbles* avec petit treuil à vapeur en ayant soin de placer le treuil dans le même bâtiment que les chaudières et les souffleries, évitant les tuyaux de vapeur à l'air libre, et prenant certaines dispositions pour le guidage des câbles à leur sortie du bâtiment (Awzianopetrowsk) (*fig. 9*). Dans le même ordre d'idées on a installé à Woskresensk un monte-charges ingénieux en employant le transporteur Temperley. Le plan de la figure 10 représente les hauts fourneaux d'Awzianopetrowsk tels que nous les avons prévus dans leur ensemble et desservis par le chemin de fer. Les installations indiquées n'existent donc encore qu'en partie.

De même, dans la figure 9, nous avons indiqué deux hauts fourneaux, tandis que le fourneau F_1 est seul en marche, tout étant préparé pour les installations de F_2. Mêmes observations relativement aux dessins de la planche 10.

Briques réfractaires.

Les usines de l'Oural méridional disposant d'excellentes matières premières et les transports de briques sur de grandes distances étant très onéreux, les briques réfractaires sont presque toujours fabriquées sur place.

Le quartz disponible est très pur et on le grille simplement en tas, comme le minerai; à Awzian et Lemeza nous avons cependant installé de simples cubilots chauffés aux déchets de bois et qui permettaient d'obtenir un grillage plus intense et plus régulier.

L'argile réfractaire provient de *Tabinsk* (environs de Sterlitamak sur la Bielaïa); l'usine de Bieloretzk se sert d'argile extraite à 20 verstes de distance. Toutefois pour le creuset soit en briques soit en pisé, toutes les usines emploient l'argile de *Koungour* (localité aux environs de Perm); cette dernière revient à environ 35 kopeks le poud rendu à l'usine tandis que celle de Tabinsk ne coûte que 12 à 15 kopeks le poud; par contre, la première supporte quatre parties de quartz pour une partie d'argile, la seconde n'en supportant qu'une demie à trois au maximum. Suivant l'emplacement qu'elles occupent dans le haut fourneau, la composition adoptée pour les briques varie et on y ajoute de

l'argile grillée provenant d'anciennes briques ou fabriquée spécialement à cet effet (Lemeza).

Nous n'entrerons pas ici dans les détails de la fabrication de ces briques, ce qui nous entraînerait trop loin.

Appareils de chargement et prises de gaz.

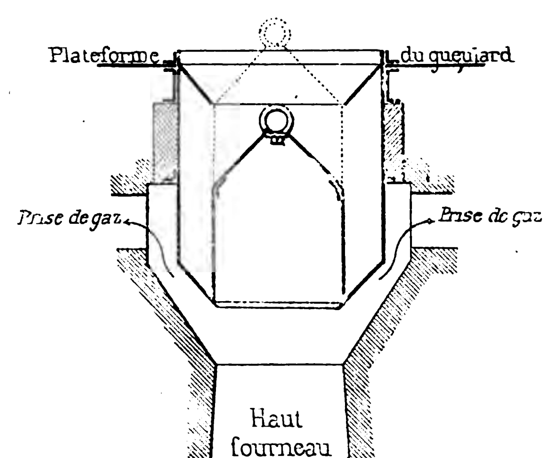
On ne rencontre pas dans l'Oural de prise de gaz centrale proprement dite ; ces prises sont placées généralement sur le côté et ne présentent rien de particulier ; nous devons cependant faire observer que les diamètres sont presque partout trop faibles, ce qui donne lieu à une contre-pression inutile dans le haut fourneau.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire le chargement à la main avec gueulard ouvert et qui se rencontre encore dans un certain nombre d'usines.

Comme appareils de chargement, on rencontre les types les plus divers, partiellement empruntés à la Suède et ayant chacun la prétention de fournir une répartition plus favorable du minerai et du combustible ; nous avons adopté, par contre, à Awzian et à Lemeza, le simple cup and cone *(fig. 2, Pl. 9)* et nous nous en sommes bien trouvés. Aux usines Dervis on avait installé, en principe, un appareil Tolander à deux cônes indépendants ; l'un de ces cônes ayant été supprimé, les hauts fourneaux continuent à fonctionner avec un seul couvercle, mais toutes les charges tombent au centre. A Archangelsk, l'appareil occupe 4 *m* de hauteur et est disposé de façon à éviter les pertes de gaz *(fig. 10)*.

Fig. 10.

Appareil de chargement d'Archangelsk



Un appareil plus compliqué est celui installé par la Société de Bieloretzk, à Ouzian et à Bieloretzk, et dont nous donnons le cro-

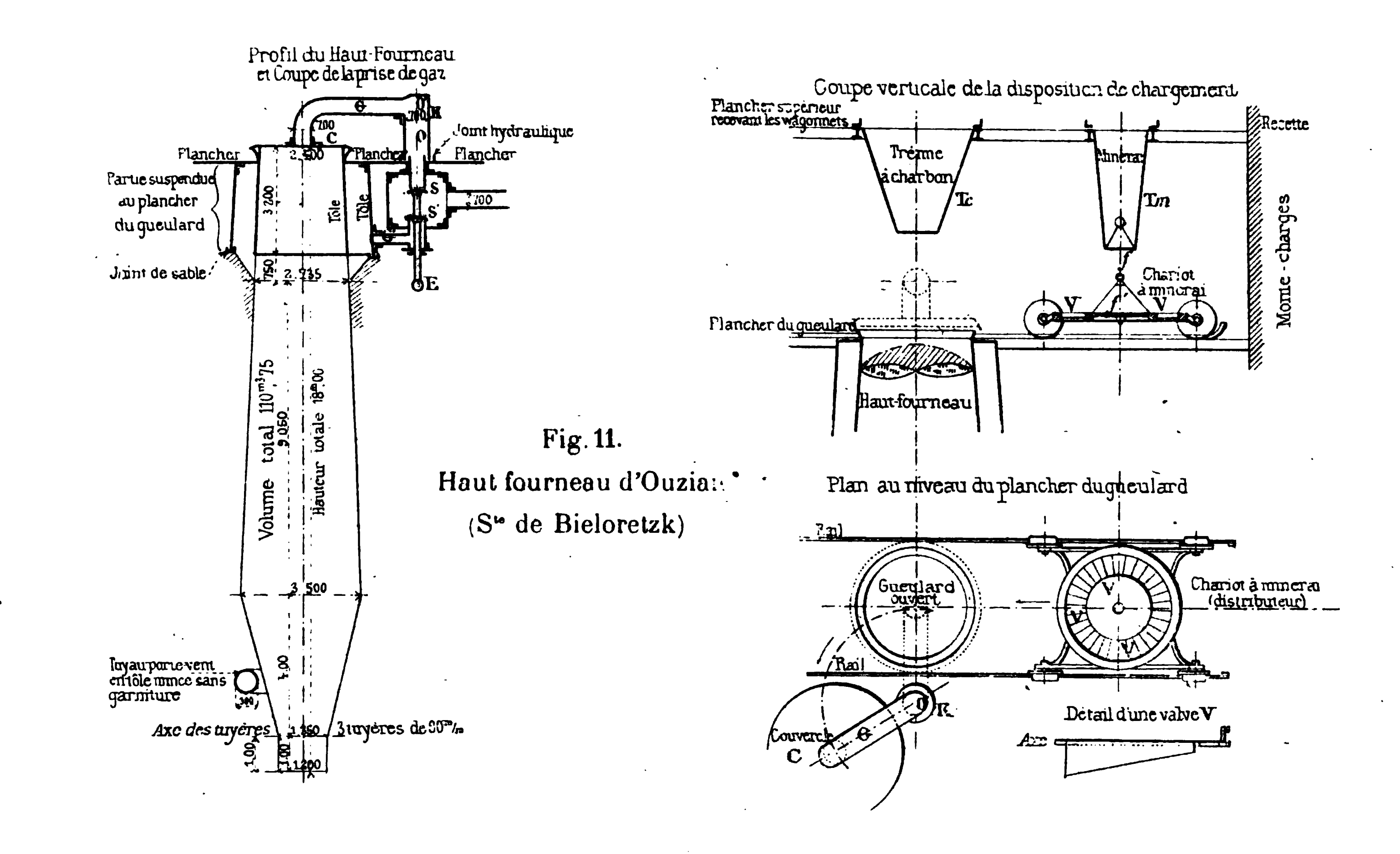


Fig. 11.
Haut fourneau d'Ouzian
(Ste de Bieloretzk)

quis *(fig. 11)*; en marche normale, la prise de gaz est centrale: pendant le chargement, le couvercle soulevé est déplacé latéralement et les gaz peuvent arriver dans la conduite par la prise latérale; le charbon tombe directement au centre du gueulard, tandis que le minerai est réparti sur la circonférence au moyen d'un chariot chargeur muni de volets basculeurs.

Quant au cylindre en tôle central *(fig. 5 et 6)*, on tend à le supprimer peu à peu comme étant sans efficacité et donnant lieu à des réparations trop fréquentes et trop coûteuses.

Dans la plupart des usines, le lavage des gaz est obtenu à sec : nous avons vu cependant à Woskresensk un petit laveur avec injection d'eau.

Les dessins *(fig. 2, Pl. 9 et fig. 1, 3, 4, 8, Pl. 10)* indiquent les dispositions que nous avons adoptées à Awzianopetrowsk et à Lemeza, conformément, du reste, à des exemples déjà pratiquement appliqués ; le dépôt des poussières, se composant surtout de charbon menu, est obtenu par un ralentissement de la vitesse des gaz; si, de plus, sur la tuyauterie générale, on a soin d'installer des poches coniques assez rapprochées, le nettoyage de toute la conduite est fait facilement pendant un arrêt de trois heures seulement.

Étalages, creusets, tuyères.

Pour les fourneaux soufflés au vent de température moyenne jusqu'à 350-400°, ces parties de la construction ne présentent rien de particulier et on n'adopte aucune disposition pour leur refroidissement; les tuyères, en nombre variable, sont en tôle et s'écartent par rotation autour d'un axe vertical (modèle suédois); les creusets de ces fourneaux sont tous établis en pisé réfractaire avec briques à l'extérieur et cercles d'armature.

A Awzianopetrowsk, où nous avons installé les premiers appareils à air chaud en briques de l'Oural méridional, exemple suivi par l'usine d'Archangelsk (à Lemeza, la disposition adoptée est identique de tous points à celle d'Awzianopetrowsk), la marche avec vent de 600 à 700° C. a nécessité, bien entendu, l'emploi de tuyauteries et de tuyères garnies de briques ou de pisé réfractaire. Nous avons adopté le creuset en tôle rivée et sans cerclage (1) arrosé sur toute sa surface au moyen de tuyaux en

(1) Nous avons adopté, en 1894, une disposition analogue pour les fourneaux au coke des forges d'Alais (Tamaris) où elle a donné d'excellents résultats; le creuset avait été, de plus, établi en pisé de graphite.

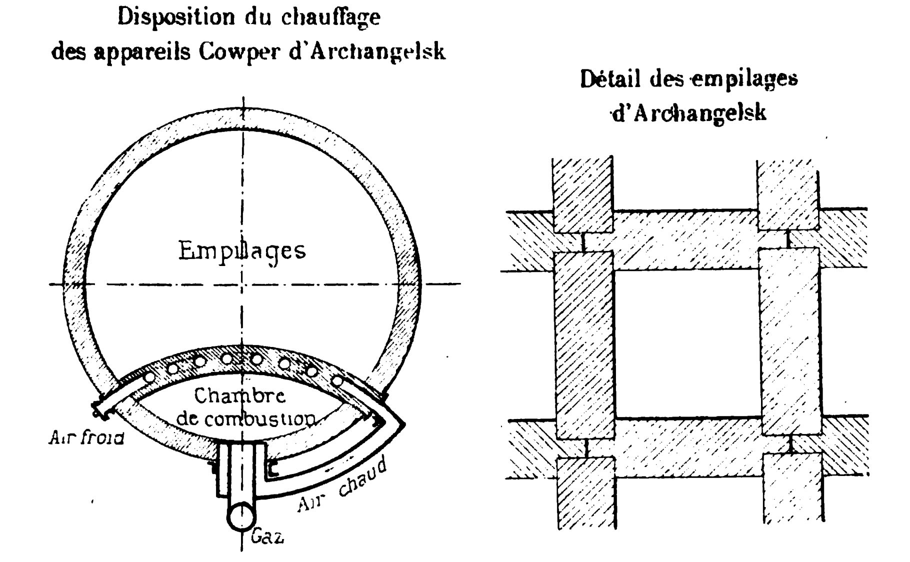
syphon et rigoles circulaires d'irrigation avec canal collecteur; enfin les étalages sont munis de pièces creuses en fonte ayant la forme d'une brique et placées en quinconce; les tuyères sont du système Bœcker (Friedenshütte) à joint sphérique.

Appareils a air chaud.

Avant 1897, on ne rencontrait dans l'Oural méridional que des appareils en fonte, la plupart à tuyaux soit debout, soit de préférence suspendus. La surface de chauffe de ces appareils en fonte comporte généralement 120 à 150 m^2.

A l'usine de *Kataw*, des appareils Whitwell avaient déjà été

Fig. 12.



construits précédemment pour permettre la production de fonte siliceuse en vue du procédé Bessemer en première fusion.

Les plans définitifs des usines Awzianopetrowsk et Lemeza, que nous avons installées (voir *Pl. 10)*, comportent, pour chaque usine, deux hauts fourneaux, chacun d'eux étant desservi par trois appareils Cowper de 5,50 *m* de diamètre et 16 *m* de hauteur et ayant sa soufflerie spéciale; cette disposition permet de contrôler et de régler exactement l'allure du haut fourneau; toutefois, par mesure d'économie, on n'a construit provisoirement que trois appareils Cowper et aménagé les tuyauteries de façon à desservir

à volonté l'un ou l'autre haut fourneau avec l'une ou l'autre des deux souffleries; le réglage se fait, dans ce cas, par registres à vent chaud garnis de briques. Les appareils Cowper sont munis de garnitures Heintzmann et Dreyer (Bochum en Westphalie); les empilages sont en briques rectangulaires simples et présentent une grande solidité par suite de l'enchevêtrement de ces briques; pour les supports inférieurs, nous avons évité le métal et adopté des briques spéciales de grandes dimensions fabriquées sur place aussi bien à Awzianopetrowsk qu'à Lemeza. La surface de chauffe d'un appareil est de 1 750 m^2.

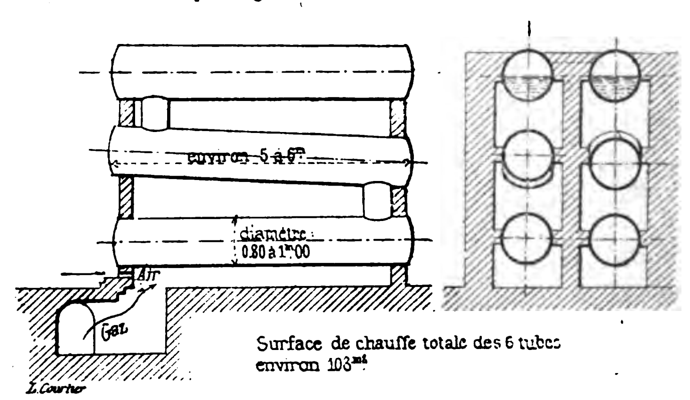
A Archangelsk, il y a trois appareils Cowper pour les deux hauts fourneaux; ils ont une hauteur de 24 *m* et un diamètre de 5 *m*. Une disposition spéciale, pour le chauffage de l'air de combustion dans des tubes métalliques noyés dans la maçonnerie de la chambre de combustion, ne paraît pas avoir donné de bons résultats (explosions) *(fig. 12)*. Les empilages en briques, de forme spéciale, présentent aussi moins de solidité que les briques simples rectangulaires.

Chaudières a vapeur.

Les usines de l'Oural emploient, pour ainsi dire, uniquement des chaudières dites *en batterie* et qui se composent de six corps

Fig. 13.

Chaudières dites " en batterie "
pour gaz de hauts-fourneaux



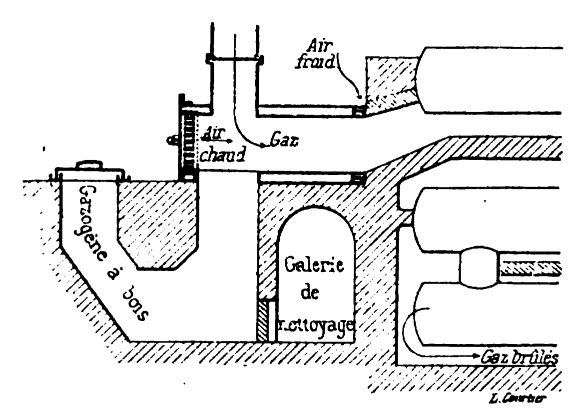
de chaudières placées sur deux rangées verticales autour desquelles circulent les gaz *(fig. 13)*; on n'emploie presque nulle part les chambres de combustion ni de brûleurs spéciaux. Ces

corps de chaudières étant de dimensions assez réduites sont transportables en hiver ou peuvent être rivés sur place; quant aux chaudières *Cornwall*, à foyer intérieur, que l'on adopte de préférence dans certaines grandes usines pour gaz de hauts fourneaux, leur emploi est exclu dans l'Oural méridional, par suite précisément de la difficulté du transport et du rivetage sur place.

A Awzianopetrowsk et Lemeza, nous avons tourné la difficulté en adoptant tout simplement des générateurs *Babcock et Wilcox* de 120 m^2 de chauffe chacun, facilement transportables, et dont nous avions constaté autre part personnellement le bon fonctionnement, même avec de mauvaises eaux *(fig. 3, 4, 5, pl. 9)*. Ces chaudières ont été munies de brûleurs spéciaux et d'une chambre de combustion avec réchauffage de l'air dans les parois; une murette percée d'ouvertures assure l'allumage régulier et le brassage complet du gaz et de l'air et, par suite, une utilisation totale du combustible. Pour l'allumage ou même, en cas de nécessité, une grille mobile sur galets peut être avancée dans le foyer pour chauffage au bois. (Voir le dessin.)

Fig. 14.

Disposition des brûleurs à Archangelsk



Chaque chaudière comprend trois tubes
Surface de chauffe totale de chaque chaudière . 90 m^2

A Archangelsk *(fig. 14)*, à l'avant des chaudières composées de trois tubes superposés, présentant une surface de chauffe totale de 90 m^2, on a installé des sortes de gazogènes de secours; cette construction prend beaucoup de place et le rendement de ces générateurs est faible.

La pression normale de vapeur adoptée dans l'Oural varie entre 4 et 6 *kg* par centimètre carré.

Notons encore qu'à Awzianopetrowsk et Lemeza, les eaux de condensation des souffleries s'échappent par un canal d'écoulement, tandis que les eaux plus pures, sans huiles, provenant du refroidissement des tuyères et creusets des hauts fourneaux sont ramenées par une tuyauterie spéciale au bac d'alimentation des chaudières à vapeur ; le bac est nécessairement muni d'un tuyau de trop-plein.

Machines soufflantes.

La plupart des machines soufflantes à vapeur que l'on rencontre dans les usines de l'Oural méridional proviennent de constructeurs d'Ekaterinbourg; ce sont des machines tantôt jumelles, tantôt à un cylindre avec distribution à tiroirs et cylindres à vent avec clapets en cuir.

Dans les anciennes installations, on dispose de turbines, voire même de roues hydrauliques combinées avec un moteur à vapeur pour le cas de manque d'eau dans l'étang ou de gelées trop fortes. Toutes ces soufflantes à vapeur sont à marche lente (10 à 15 tours par minute) et on a généralement sacrifié la quantité de vent et, par suite, l'utilisation complète du haut fourneau à des considétions d'économie dans l'installation.

A Awzianopetrowsk et à Lemeza, nous avons adopté des machines soufflantes aussi simples que possible, jumelles, avec distribution à soupapes, et faisant en marche normale, à raison d'une soufflerie pour un haut fourneau, 25 tours par minute (1); chaque usine devant comprendre deux hauts fourneaux et deux machines, les tuyauteries ont été combinées de façon à pouvoir alimenter deux fourneaux avec une seule des machines en cas d'accident de la seconde; on marche alors à 50 tours; les essais faits dans ce sens ont donné pleine satisfaction et les clapets construits simplement en cuir ont fonctionné parfaitement (2).

Avec cette installation de machines à vapeur et de générateurs

(1) Ces machines, toutes identiques, en vue de réduire les pièces de rechange, ont été construites par la Maerkische Maschinenfabrik, de Wetter-sur-Rûhr, en Westphalie : le principe de la marche rapide a été adopté par nous dans le but d'avoir des machines fournissant une grande quantité de vent sans présenter de pièces trop lourdes dont le transport sans chemin de fer eût été trop coûteux.

(2) Nous mentionnerons pour mémoire l'application des petites soupapes métalliques aux cylindres à vent pour le cas de marche rapide ; le remplacement des fonds de cylindres à clapets en cuir par des fonds munis de soupapes métalliques (système Hoerbiger ou autres) ne présente aucune difficulté pratique.

à vapeur économiques, nous avons disposé d'un excès de gaz assez important pour pouvoir l'utiliser à l'éclairage électrique de l'usine, bureaux et logements, à la force motrice de l'atelier de réparations, et plus tard, s'il y a lieu, au grillage du minerai, sans consommer de bois ni pour les chaudières ni pour les appareils à air chaud, comme c'est le cas dans la plupart des usines de l'Oural installées d'une façon plus primitive.

VI. — Fabrication de la fonte au bois.

Lits de fusion.

Chaque usine compose ses lits de fusion, suivant le minerai dont elle dispose, de façon à obtenir un laitier se rapprochant du bisilicate; ces lits de fusion sont presque identiques pour tous les hauts fourneaux qui emploient l'hématite brune de Komarowo et de ses prolongements et diffèrent par la proportion de castine, celle-ci dépendant de la teneur en silice du minerai et de la teneur en argile variable avec le niveau de l'exploitation et avec le mode de grillage.

A Awzianopetrowsk, il y a lieu de signaler l'emploi de dolomie remplaçant la castine qui ne se rencontre pas dans les environs immédiats de l'usine; à Lemeza, par contre, la castine est très pure et il en faut des proportions moindres qu'à Awzianopetrowsk.

A Bieloretzk et à Tirlean, la charge comprend environ deux tiers de minerai magnétique de Magnitnaïa à 64 0/0 de fer et un tiers d'hématite brune; le minerai magnétique contenant très peu de silice, l'addition de castine est très faible. Voici un exemple de la composition des charges à Bieloretzk :

	Grand haut fourneau.	Petit haut fourneau.
Lit de fusion :		
Minerai de Magnitnaïa.	33	10,5
Hématite brune	12	3
Scories de réchauffage	2	»
Castine	2,5	»
Total en pouds.	49,5	13,5
Charbon de bois korobs (1)	1 1/2	3/8

(1) Le korob de l'usine de Bieloretzk mesure 28080 verschoks cubes. C'est un des plus grands de la région !

Tableau donnant quelques analyses de minerais et castines employés à Awzianopetrowsk et à Lemeza.

	MINERAIS DE KOMAROWO						MINERAI SILICEUX GRILLÉ d'Aschkarka	MINERAI CRU de Terga	MINERAI DE MAÏ-ARTKAN employé à Lemeza		CASTINE	
	CRUS			GRILLÉS								
	Extraction de 1898			Extraction de 1897	Extraction de 1898							
	a	b	c		a	b			Cru	Grillé	Awzianopetrowsk	Lemeza
SiO^2	6,87	6.47	6,46	6,76	8,56	7,07	27,46	9,91	15,55	14,30	0,490	2,840
Fe^2O^3	82,42	80,90	78,70	86,71	85,80	85,77	60,79	77,86	63,96	74,10	0,203	0,498
FeO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,316	—
Al^2O^3	0,93	—	2,80	0,44	0,15	2,35	4,24	3,26	4,02	4,10	0,260	0,284
Mn	0,21	0,49	traces	0,28	0,43	0,61	2,20	0,05	0,77	0,56	—	—
CaO	0,47	0,45	0,15	0,40	0,35	1,31	1,98	0,90	0,35	0,51	32,010	54,700
MgO	—	—	—	—	traces	0,04	0,11	0,39	2,80	2,75	20,149	1,810
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,042	—
Ph	0,05	0,06	0,04	0,05	0,07	0,03	0,08	0,14	traces	traces	0,004	—
S	0,02	traces	0,005	0,007	0,01	traces	0,03	0,02	0 02	0,02	—	—
Perte au feu	11,18	10,88	11.00	6,92	4,28	4,04	1,49	8,27	12,00	3,05	47,447	39,137
Fer mét.	57,69	56,63	55,09	61,69	60,06	60,05	42,55	54,51	44,79	51,87	—	—

Les analyses des minerais employés à Bieloretzk sont, en moyenne, les suivantes :

	Magnétite de Magnitnaïa.	Hématite brune de Iandik.	Hématite brune de Zigan-Yourte.
	—	—	—
SiO^2.	1,75	12,52	17,70
Al^2O^3	3,36	5,84	0,62
Fe^2O^3	84,43	73,36	76,01
FeO.	6,50	»	»
Mn^3O^4	0,13	»	»
MnO.	»	0,31	0,85
CaO.	0,52	0,55	0,41
MgO	0,14	0,15	0,25
PhO^5	0,06	1,10	0,48
Fer	64,15	51,35	53,20
Ph	0,026	0,47	0,17

Le lit de fusion des nouveaux hauts fourneaux d'Awzianopetrowsk est basé sur une charge de charbon normale de 1 1/2 korob (korob de 22400 versch. cubes) et comporte 10 à 14 0/0 de castine dolomitique ; à l'usine Lemeza, la proportion de castine est inférieure à 10 0/0 du lit de fusion. Nous donnons, dans le tableau ci-dessus, quelques analyses des minerais et castines employés à Awzianopetrowsk et à Lemeza :

Qualité des fontes.

On conçoit qu'avec des matières de cette pureté on puisse obtenir au charbon de bois des fontes de première qualité ; toutefois, la fabrication régulière de fontes blanches présente des difficultés par suite de l'absence presque totale de manganèse dans la plupart des minerais. Certains minerais exploités pour Lemeza en contiennent cependant de fortes proportions, et cette usine travaille par suite normalement en fonte blanche et mixte.

Le tableau ci-après (p. 754) donne quelques compositions de fontes de l'Oural méridional, telles qu'on les produit pour le commerce.

Il ressort de ce tableau que ce sont les fontes d'Awzianopetrowsk (Éch. nos 1 à 7) et de Zigaza (Éch. 19 à 23) produites avec minerai de Komorawo ou prolongements, qui sont les plus pures ; à Awzianopetrowsk les teneurs en phosphore et soufre sont un

ÉCHANTILLONS	USINES	QUALITÉ DE FONTE	Si	Mn	Ph	S	OBSERVATIONS
1	Awzianopetrovsk.	Pour moulage n° 2.	1,250	0,264	0,061	0,024	**Produite avec vent à 350° coulée en coquille.**
2		Id.	1,264	0,244	0,039	0,023	**Produite avec vent à 350° coulée en sable.**
3		Id.	1,903	—	0,075	0,010	Produites avec appareils Cowper, vent à 650°.
4		Supérieure p^r moulage n° 1.	3,06	0,83	0,100	traces	
5		Ordinaire p^r moulage n° 2.	2,03	0,70	0,075	traces	
6		Truitée grise n° 3.	1,85	0,40	0,080	traces	
7		Truitée blanche n° 4.	1,41	0,29	0,090	0,003	
8	Société de Bieloretzk. Usine de Bieloretzk.	Moulage n° 1.	2,58	0,34	0,360	0,034	Fabrication courante des usines de Bieloretzk, Tirlean et Ouzian.
9		Moulage n° 2.	1,91	0,24	0,246	0,078	
10		Moulage n° 3.	1,46	0,16	0,246	0,022	
11		Affinage n° 4.	0,73	0,11	0,142	0,048	
12		Affinage n° 5.	0,34	0,07	0,215	0,098	
13		Affinage n° 6.	0,21	0,19	0,190	0,128	
14	Ouzian.	Moulage grise.	1,64	0,258	0,173	traces	Minerais plus purs que les précédents.
15		Truitée.	1,04	0,176	0,134	0,004	
16	Usine de Kaga.	Moulage n° 1.	2,10	0,75	0,257	0,035	Minerais moins purs que ceux employés à Awzianopetrovsk.
17		Moulage n° 2.	1,63	0,60	0,260	0,033	
18		Moulage n° 3.	1,24	0,25	0,250	0,035	
19	Zigaza. (Chamow et Cie.)	Moulage n° 0.	2,52	traces	0,05	traces	Minerais identiques à ceux de Komarowo. Température du vent, 350°.
20		Moulage n° 1.	2,38	0,05	0,05	traces	
21		Moulage n° 2.	1,40	0,10	0,04	traces	
22		Affinage n° 3.	1,07	0,18	0,05	traces	
23		Affinage n° 4.	0,65	0,61	0,05	traces	
24	Woskresensk.	Truitée.	1,12	0,28	0,672	0,043	Minerai local qualité inférieure.

peu plus élevées par l'emploi partiel de minerais de Terga et Aschkarka de moindre qualité, mais qui peuvent être supprimés.

Les fontes produites avec appareils Cowper ont aussi, pour une apparence identique, des teneurs beaucoup plus élevées en silicium que celles obtenues avec vent à 350° et ont, par suite, une valeur très supérieure aux autres pour la fonderie (Éch. 3 à 7).

Nous signalerons enfin un fait connu, mais que les fondeurs oublient quelquefois lors de l'achat de leur fonte, c'est que si les fontes coulées en coquille présentent un grain plus fin que celles coulées en sable, leur valeur est cependant la même (Éch. 1 et 2 du tableau) sans compter que le déchet à la coulée et au transbordement est moindre ; enfin pour la fonte d'affinage, la question de coulée en lingotières est importante surtout si la fonte est destinée à des fours Martin à sole basique.

Allures des hauts fourneaux.

Nous n'entrerons pas ici dans les détails de l'allure des hauts fourneaux au charbon de bois, variable suivant chaque usine et dépendant du profil, du lit de fusion, de la qualité du charbon, de la pression et de la température du vent, etc.

Il est utile cependant d'insister sur le rôle important que joue la qualité du charbon et notamment son humidité, ainsi qu'il a été dit précédemment.

L'influence des appareils Cowper est tout aussi importante, quoique l'on ait pu prétendre quelquefois, pour les hauts fourneaux au charbon de bois que pour ceux au coke et nous en avons fait l'expérience. Il est, du reste, tout naturel que le rendement en fonte par unité de combustible et par unité de minerai augmente avec la température du vent puisque non seulement la production par jour est plus élevée, par suite d'une fusion plus rapide et d'un plus grand poids admissible pour les charges, mais aussi parce que de plus fortes proportions de carbone et de silicium passent dans la fonte au lieu de rester dans les laitiers.

Les productions normales des hauts fourneaux de l'Oural méridional atteignent généralement de 1 000 pouds pour les plus petits à 2 500 pouds pour les plus grands, ces chiffres étant de même très variables. C'est ainsi qu'un haut fourneau pouvant produire régulièrement 2 700 pouds avec emploi de charbon de pin

carbonisé en meules voit cette production réduite à 1 800 pouds, et même 1 500 pouds, par l'emploi de charbon de tremble carbonisé en fours.

La pression du vent varie de même, pour un nombre de tours déterminé de la soufflerie, suivant la nature du charbon. Cette pression qui est, par exemple, en allure normale avec charbon de pin de 6 à 8 *cm* de mercure, atteint, toutes choses égales d'ailleurs, les chiffres de 12 à 15 *cm* si l'on charge du tremble plus friable et en plus petits morceaux.

La hauteur des hauts fourneaux dès qu'elle dépasse 17 *m*, ne paraît avoir aucune influence sur la production; le facteur déterminant est le diamètre aux tuyères et au ventre, ainsi que la hauteur de ce dernier au-dessus des tuyères, hauteur qui doit cependant toujours être appropriée au minerai employé.

Nous indiquerons comme exemple les résultats moyens d'exploitation, pour un mois, de deux hauts fourneaux, l'un de petites dimensions marchant avec appareil en fonte, l'autre de 128 m^3 avec appareils Cowper.

	Petit haut fourneau. Vent à 350°.	Grand haut fourneau. Vent à 650°.
Production totale du mois. pouds.	37 051	55 160
Consommation de minerai.	69 441	103 283
— de castine	9 352	14 521
Soit lit de fusion . . . . . pouds.	78 783	117 804
Consommation de charbon. korobs.	2 485	3 265
Rendement du minerai 0/0	53,36	53,40
— du lit de fusion 0/0. .	47,02	46,82
Fonte produite par korob. . pouds	14,82	16,70
Production moyenne en 24 h. pds	1 235	1 839

Prix de revient de la fonte.

Il va de soi qu'avec la variabilité des facteurs du prix de revient caractérisant les exploitations de l'Oural méridional, ces prix eux-mêmes peuvent varier dans de larges limites; nous indiquerons ici ceux qui nous paraissent être dans les conditions actuelles et tant qu'il n'y aura pas de voies ferrées, un minimum et un maximum.

Par poud de fonte brute.	Minimum.	Maximum.
Minerai et castine	10 kopeks	13 kopeks
Charbon de bois.	15 —	20 —
Main-d'œuvre d'usine	3 —	5 —
Entretien et réparations . . .	1 —	2 —
Prix de revient brut.	29 kopeks	40 kopeks
Frais généraux	10 —	10 —
Prix net par poud.	39 kopeks	50 kopeks
Soit en roubles par tonne . .	23,80 Rs	30,50 Rs
et en francs.	64,26 *f*	82,35 *f*

Ces prix s'entendent pour la fonte prise à l'usine et on verra plus loin le rôle que jouent encore les transports jusqu'aux points de consommation.

Dans les frais généraux est comprise la redevance de 1 kopek 1/2 par poud payée à l'État, mais il n'y est pas tenu compte des intérêts du fonds de roulement; or ceux-ci atteignent des chiffres très élevés étant donné que, faute de chemins de fer, les transports ne pouvant se faire qu'en hiver et les expéditions n'ayant lieu qu'une fois dans l'année au printemps, les usines sont obligées d'accumuler d'énormes quantités de minerais, de bois, de charbons et de fontes, voire même d'avoine et autres produits, immobilisant des capitaux énormes. C'est pour parer à cet inconvénient que la banque de l'État russe est autorisée à avancer aux usines, au fur et à mesure de la production contrôlée par les ingénieurs d'arrondissement, des sommes proportionnelles à la valeur de ces produits moyennant intérêts variant de 6 à 7 1/2 0/0 et remboursables après la vente dans des délais déterminés.

Les autres facteurs composant le chiffre des frais généraux comprennent les entretiens de logements, d'écoles, d'églises et d'hôpital, les traitements d'employés, impôts, assurances, écuries pour les services généraux, etc., de sorte que pour une usine de deux hauts fourneaux produisant 1 500 000 pouds de fonte par an, le total des frais généraux peut être évalué à *150 000 Rs* dont 22 500 Rs d'impôt direct sur la fonte (1 kopek 1/2 par poud).

VII. — Aciéries, puddlage, laminoirs.

Cette partie de notre étude ne présente qu'un intérêt secondaire en ce sens que la production et la transformation de l'acier et du fer avec le bois comme combustible, sont des opérations qui peuvent, il est vrai, donner momentanément un bénéfice relatif à l'exploitant mais qui sont destinées à disparaître dès que des chemins de fer auront été établis.

La seule Société de l'Oural méridional fabriquant autre chose que de la fonte, est celle de Bieloretzk, ainsi qu'il a déjà été dit au commencement de ce mémoire.

Les ateliers de puddlage d'Awzianopetrowsk ayant été soit incendiés, soit démolis, nous ne les mentionnerons que pour mémoire tout en rappelant que le fer laminé d'Awzianopetrowsk était très recherché pour sa qualité sur le marché annuel de Nijni-Novgorod, malgré le mauvais aspect des barres dû à l'état de délabrement des laminoirs.

Puddlage et laminoirs. — Les fours à puddler de *Bieloretzk*, au nombre de cinq, munis de foyers genre Boetius, sont des fours doubles pour charges de 400 à 500 *kg*; les bois sont torréfiés avant emploi, de même pour les cinq fours à souder et à réchauffer: l'usine dispose de deux marteaux-pilons de 2 et 2,5 *t*, enfin de quatre trains de laminoirs comprenant un gros-mill (moteur 150 *ch*), un moyen-mill (75 *ch*), un petit-mill trio (25 *ch*), enfin un train-machine (250 *ch*). Le train-machine travaille avec billettes de 1,45 *m* de longueur sur 5 *cm* de côté et produit de la machine de 9 à 5 1/2 *mm* ainsi que des ronds de 3/8″.

A *Tirlean* les installations sont un peu plus primitives et le fer puddlé est cinglé sous des marteaux à soulèvement latéral; on y fabrique principalement de la tôle de fer pour toitures; la machine motrice à vapeur est de 600 *ch*.

Il y a aussi quatre turbines dont l'une de 60 *ch*, mais elles ne peuvent fonctionner que pendant trois à quatre mois de l'année.

Dans toutes ces usines les générateurs à vapeur sont du type à bouilleurs, et ne présentent rien de particulier.

Aciers cémentés.

Une spécialité plus intéressante de l'usine de Tirlean est la

fabrication d'acier cémenté, abandonnée presque partout aujourd'hui.

Il y a quatre fours de cémentation pouvant recevoir chacun une charge de 900 à 1 000 pouds de barres de fer de 2,10 *m* de longueur avec section de 80 × 13 *mm* et faisant une opération par mois ; le chauffage dure de 12 à 15 jours, le refroidissement de 5 à 7 jours ; la consommation de bois pendant la période de chauffage est d'environ 2 sagènes cubes par jour.

FOURS MARTIN DE BIELORETZK.

Les deux fours Martin de cette usine sont installés avec les derniers perfectionnements : fosse de coulée longitudinale, poche de coulée sur chariot à vapeur, coulée en source fournissant 24 lingots par plaque, grue de démoulage à vapeur, régénérateurs spacieux sous les fours.

Chaque four peut charger de 12 à 15 tonnes en marche normale et fait de trois à quatre opérations par 24 heures.

Les charges se composent de 70 0/0 de ferraille, 25 0/0 de fonte et 5 0/0 de minerai. On réunit à Bieloretzk les scraps des usines de Tirlean (tôles et laminés) et de Kaga (fils de fer et clouterie), et on achète celles que l'on peut trouver dans la contrée ; le ferromanganèse est de même acheté à l'extérieur. On conçoit que la consommation de bois pour des fabrications de ce genre soit considérable, et il faut s'attendre à voir remplacer les gazogènes au bois par le chauffage au naphte ou à la houille dès qu'un chemin de fer permettra la transformation des chauffes.

Nous avons vu, du reste, la même évolution se produire en Hongrie où l'affinage, avec le bois comme combustible, jouait encore, en 1885, un rôle important (Brezova, par exemple), et où aujourd'hui l'on ne se sert plus que de combustible minéral plus économique et plus facile à obtenir, le bois étant réservé plus rationnellement à la fabrication de charbon de bois pour la production de fontes supérieures.

VIII. — **Expédition des produits par caravanes.**

La question de l'expédition des produits des usines de l'Oural méridional est une des plus importantes, en raison même des difficultés qu'elle présente. Toutes ces expéditions se font par eau sur la rivière *Bielaïa*, sauf pour une faible partie des produits de Bieloretzk et de Tirlean dont la valeur relativement plus

élevée permet un transport par terre à assez grande distance; ce sont, notamment, les tôles minces de Tirlean et les aciers spéciaux qui sont transportés à dos de chameau, à Taschkent et à Soukhara (jusqu'à 100 000 pouds par an); un chameau porte environ 17 pouds (279 *kg*), et une caravane comprend jusqu'à 500 chameaux. Une partie de ces produits est aussi amenée au chemin de fer (station de Viasovaïa) par traineaux. Tout le reste est expédié en barques par la Bielaïa et la Kama au Volga; cependant, comme la rivière est torrentueuse et navigable seulement en descendant, une fois par an, en avril, aussitôt après la fonte des neiges, ces barques doivent être construites chaque année à nouveau puis vendues comme bois d'œuvre ou de chauffage aux ports de destination; on conçoit qu'un tel mode de transport soit onéreux et funeste surtout à la richesse forestière du pays.

Les usines de la Société de Bieloretzk (Tirlean, Bieloretzk, Ouzian et Kaga), puis celles d'Awzianopetrowsk et de Woskresensk se trouvent dans la nécessité de procéder de cette façon.

Rappelons à cette occasion qu'en avril 1900, par suite de la faible quantité de neige, de l'épaisseur de la glace des petits cours d'eau et du dégel trop lent, la Bielaïa n'a pas atteint le niveau normal des crues annuelles.

Les 110 barques de la Société de Bieloretzk avec un chargement de 1 500 000 pouds (24 600 *t*) d'une valeur globale d'environ 2 millions de roubles, puis les 36 barques avec fonte en gueuses chargées à Awzian-Port de 500 000 pouds et devant compléter ce chargement à Tabinsk à 1 million de pouds, ne purent atteindre que partiellement et très difficilement la steppe près de Bougoultschan *(voir fig. 1, Pl. 9)*, la navigation ayant été rendue possible seulement dans la région des montagnes par des éclusées successives des étangs des usines. Ces conditions de navigation qui ne s'étaient pas présentées depuis plus de trente ans, mais que l'on ne peut ni prévoir ni prévenir, ont donc immobilisé un capital de plus de 2 500 000 roubles jusqu'au mois d'avril 1901, représentant en intérêts à 7 0/0 (avances de fonds de la banque de l'État) une perte de 175 000 roubles !

Construction des barques.

Les barques sont construites en bois bruts, principalement de pin rouge, et en planches; le fond plat et l'amorce des faces laté-

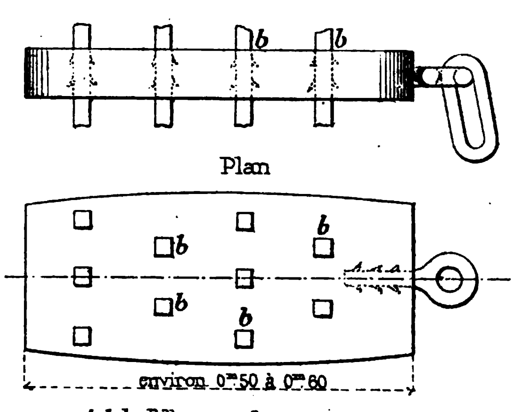
rales sont formés par des arbres coupés avec une partie de leurs racines et sur lesquels on fixe des planches au moyen de chevilles en bois passant dans des trous percés au vilbrequin ; le gonflement du bois et les étoupes goudronnées assurent l'étanchéité (*fig.* 5, *Pl.* 11).

Sur le pont se placent des cabestans à axe vertical avec roue à rochet en fonte et actionnés par l'équipage au moyen de leviers transversaux ; ces cabestans servent à manœuvrer les poids en fonte nommés « loths » (*fig.* 15) qui traînent sur le fond de la rivière et dirigent la barque à droite ou à gauche suivant que le point d'appui de leur câble d'attache est à gauche ou à droite de la barque ; cette action est combinée avec celle du gouvernail placé à l'avant de la barque (*fig.* 6, *Pl.* 12); chaque barque dispose de cinq loths pesant 50 à 80 pouds chacun ; lorsque les cinq loths sont descendus à fond la barque s'arrête dans le courant ; avec un seul loth elle fait jusqu'à 15 et 20 *km* à l'heure. Une ancre ne sert que dans des cas d'accident, d'échouage, etc. (*fig.* 7, *Pl.* 11).

Fig. 15.

Détail d'un loth en fonte

Poids de 50 à 80 pouds



b.b.b. Billettes en fer ou acier brut avec encoches

La longueur de ces barques est de 40 à 50 *m* et la largeur d'environ 10 *m*; la charge maximum dans le cours supérieur de la Bielaïa n'est que de 10 000 à 15 000 pouds ; à Woskresensk (port de Beregowka) on charge déjà 40 000 pouds. Les usines de Kaga-Bieloretzk et d'Awzianopetrowsk sont obligées, en vue d'utiliser la capacité de leurs barques, de transporter une partie de leurs produits par chevaux, en hiver, jusqu'à Sterlitamak ou plutôt Tabinsk (voir la carte) et de compléter là le chargement à 30 000 et 40 000 pouds.

Le prix de construction d'une barque étant d'environ 1 800 Rs et le prix de vente de 400 Rs, la perte par barque est de 1 400 Rs;

d'autre part, le prix du transport de la moitié du chargement à Awzian-Port, par exemple, étant de 0,01 Rs. celui du transport de l'autre moitié (lorsqu'il est possible) à Tabinsk variant de 0,10 Rs à 0,18 Rs, soit 0,14 Rs en moyenne, on peut calculer ce que coûte le transport de ce chef seul ; en effet :

15 000 pouds transportés à Awzian-Port à 0,01 Rs. .	Rs.	150
15 000 — — à Tabinsk à 0,14 Rs	—	2100
30 000 pouds. Total du transport par terre . . .	Rs.	2250
Perte sur la valeur de la barque, à raison de. . .	—	1400
TOTAL.	Rs.	3650

d'où, par poud de fonte. . . . . . . $\frac{3\,650}{30\,000}$ = kopeks. 12,2

Si l'on ajoute enfin pour :

Traitements d'employés et agents de la caravane	—	1,5
Salaires et entretien des ouvriers, à raison de 20 hommes par barque	—	3,0
Frais de chargement et de déchargement . .	—	0,4
Frais de remorqueurs sur le Volga, pertes sur le matériel et divers	—	2,9
On trouve par poud de métal	kopeks.	20,0

de frais de transport ; cette dépense appliquée à des matières telles que les fers laminés, clous, fils de fer, tôles minces et dont les prix de vente atteignent 1,50 à 2,50 Rs, est acceptable ; mais elle ne l'est plus en cas de fonte en gueuses dont le prix de revient à l'usine est de *0,45 Rs* en moyenne !

Les usines von Dervis *(Inzer et Lapischta)* n'ont pas besoin de construire de barques de ce genre, les fontes étant amenées par chevaux sur la Bielaïa navigable, près de l'embouchure de l'Inzer, et chargées dans des bateaux que l'on peut remonter d'Oufa avec petits remorqueurs ; toutefois, pour ces usines les frais totaux de transport ne sont guère moindres que ceux calculés ci-dessus, eu égard à la distance à parcourir en traîneaux *(fig. 8, Pl. 11)* ; on peut, en effet, compter pour l'usine de Lapischta, la plus éloignée :

Transport par chevaux à la Bielaïa, sur 100 verstes environ . . . . kopeks. 10
Fret à l'entreprise du port de la Bielaïa à destination . . . . — 7

D'où total par poud. . . . . . . kopeks. 17

pour l'usine de l'Inzer, plus rapprochée, le transport à la Bielaïa sur 70 verstes environ ne reviendrait plus qu'à 7 kopeks, d'où dépense totale : 7 + 7 = 14 kopeks.

Quant à l'usine *Lemeza* elle est mieux située encore, la distance au port de la Bielaïa ne comportant que 40 verstes et le tarif correspondant étant de. . . . . kopeks. 4
ajoutant le fret au Volga, à raison de . . . . . . — 7

on arrive à un total de frais de transport de . . . kopeks. 11

L'emplacement de cette usine a été choisi, du reste, en tenant compte de ce facteur et aussi de l'approvisionnement en bois de carbonisation par flottage sur la rivière Lemeza, d'une part, et par la vallée de l'Inzer, d'autre part.

Enfin l'usine d'*Archangelsk*, qui ne se trouve qu'à 20 verstes de la Bielaïa navigable, est celle qui a la meilleure situation au point de vue des transports; par contre, elle est beaucoup moins bien partagée comme minerai et comme forêts.

IX. — **Projets de chemins de fer.**

La situation des usines de l'Oural méridional telle qu'elle vient d'être exposée, est donc lamentable au point de vue des transports, aussi bien en ce qui concerne les matières premières que les produits finis.

De nombreuses démarches ayant été faites depuis quelques années, notamment depuis que, par l'augmentation de la production due à la création d'usines nouvelles, les prix de transport par chevaux ont augmenté partout, le gouvernement russe a fait étudier quelques tracés; nous indiquons sur le plan (*fig. 1, Pl. 9*), ceux qui paraissent présenter les plus grandes chances d'exécution et qui donneraient satisfaction à toutes les usines.

Ce nouveau réseau de l'Oural méridional, qui serait relié au transsibérien, aux environs de la ville d'Oufa, était motivé tout d'abord par les richesses minières de Magnitnaïa, que l'on dési-

Tableau donnant les transports fournis par les usines du réseau.

	DÉSIGNATION DES PRODUITS ET DES STATIONS	QUANTITÉS A TRANSPORTER — POUDS	QUANTITÉS A TRANSPORTER — TONNES — Chiffres ronds	DISTANCES A LA BIELAIA — VERSTES	TONNES-VERSTES	OBSERVATIONS
Fers, fontes, aciers.	Archangelsk	1 100 000	18 000	20	360 000	Nous avons supposé les productions en chiffres ronds et avons adopté de même les chiffres en tonnes approximatifs. Pour la situation des stations et les distances, se reporter au plan général joint au mémoire *(fig. 1, Pl. 9)*.
	Lemeza	1 500 000	24 000	40	960 000	
	Usine Inzer	1 000 000	16 000	70	1 120 000	
	Lapischta	1 000 000	16 000	100	1 600 000	
	Bieloretzk	1 300 000	20 000	150	3 000 000	
	Ouzian	540 000	9 000	200	1 800 000	
	Kaga	450 000	7 000	225	1 575 000	
	Zigaza	800 000	13 000	120	1 560 000	
	Awzianopetrowsk	1 500 000	24 000	160	3 840 000	
	TOTAL	9 190 000	147 000		15 815 000	
[illegible]	Komarowo	20 000 000	330 000	120	39 600 000	Ces minerais sont supposés vendus à des [illegible]
	Magnitnaia	20 000 000	330 000	230	75 900 000	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	

Transports locaux de minerai pr les usines	Komarowo-Lemeza	2 000 000	32 000	80	2 560 000	Pour simplifier, nous avons supposé une consommation de minerai pour chaque usine répondant à un rendement total du minerai en produits finis de 50 0/0.
	Komarowo-Awzianopetrowsk	3 000 000	48 000	40	1 920 000	
	Komarowo-Zigaza	1 500 000	24 000	10	240 000	
	Magnitnaïa-Bieloretzk	2 500 000	40 000	80	3 200 000	
	Magnitnaïa-Ouzian	1 000 000	16 000	130	2 080 000	
	Komarowo-Kaga	800 000	13 000	60	780 000	
	TOTAL.	10 800 000	173 000		10 780 000	
Approvisionnements des usines et de la population	Lemeza	100 000	1 650	140	231 000	Nous avons supposé que ces produits (surtout blé et avoine) venaient d'*Oufa*; les parcours sont établis en conséquence. Une partie du blé proviendra de Magnitnaïa, mais nous n'en tenons pas compte pour ne pas compliquer les calculs. Ces chiffres sont, du reste, des minima ; par exemple, à Awzianopetrowsk, sans chemin de fer, la consommation annuelle dépasse 200 000 pouds.
	Inzer	100 000	1 650	170	280 500	
	Lapischta	100 000	1 650	200	330 000	
	Bieloretzk	150 000	2 500	250	625 000	
	Ouzian	50 000	800	300	240 000	
	Kaga	50 000	800	325	260 000	
	Zigaza.	50 000	800	220	176 000	
	Awzianopetrowsk	100 000	1 650	260	429 000	
	TOTAL.	700 000	11 500		2 571 500	

rait rendre disponibles pour le midi et le centre de la Russie.

Lorsque les études de M. E. Hardy eurent établi l'existence d'un nouveau centre minier à Komarowo, le tracé a été complété dans ce sens. Ces deux gisements de Magnitnaïa et de Komarowo, une fois aménagés pour une exploitation en grand, peuvent fournir déjà un important appoint au trafic des lignes projetées; en même temps, les usines seraient mises à même d'expédier leurs produits soit pendant toute l'année par chemin de fer, soit pendant cinq mois d'été, si ces produits doivent être chargés en barques près d'Oufa, où il y aurait lieu d'établir un port d'attache convenable; la question des fonds de roulement serait donc déjà sérieusement simplifiée.

Si nous ne considérons que les transports fournis par les usines du réseau jusqu'à la Bielaïa et une partie de leurs approvisionnements, nous trouvons 60 millions de pouds, soit environ un million de tonnes assuré comme trafic annuel, savoir (1) :

Pour établir ce tableau nous avons supposé que l'usine Lemeza installait immédiatement le second haut fourneau prévu lors de la construction; quant au minerai, pour fixer les idées, nous pouvons admettre que les mines de Komarowo et de Magnitnaïa alimentent chacune deux hauts fourneaux au coke produisant chacun de 200 à 250 *t* de fonte par jour; la consommation de minerai correspondante étant de 400 à 500 *t* par jour et par fourneau cela représente pour chacune de ces mines approximativement $365 \times 450 \times 2 = 328\,500\,t$ de minerai à livrer, soit en chiffres ronds : 20 000 000 pouds.

Outre ces expéditions de produits destinés à la vente, il faut tenir compte des échanges entre les usines; toutefois, pour ne pas compliquer la question, nous n'avons mentionné que les transports de minerais pour lesquels les chevaux pourront être immédiatement supprimés.

Il y aurait lieu de tenir compte, en outre, des transports de charbon de bois provenant des divers centres de carbonisation se trouvant près du chemin de fer et dont le tonnage sera assez important. Enfin, pour les approvisionnements des usines, il est difficile de fixer des chiffres; nous avons supposé un tonnage basé sur l'évaluation des avoines et du blé réduite par rapport

(1) Nous avons adopté des distances approximatives en chiffres ronds pour simplifier les calculs, le tracé du chemin de fer n'étant pas définitif; d'autre part, nous n'entrerons pas ici dans les questions de tarifs qui nous entraîneraient à trop de détails.

aux consommations actuelles; il y a lieu toutefois, de s'attendre à des chiffres plus élevés que ceux que nous avons adoptés.

Il faut enfin se demander si un chemin de fer construit dans ces conditions permettra une rémunération suffisante du capital; nous pensons que si les usines intéressées garantissaient un tonnage déterminé, voire même le paiement de tarifs un peu plus élevés que le tarif normal, afin d'assurer la construction du chemin de fer, on pourrait équilibrer les recettes et les dépenses même avec une voie normale.

Un sacrifice momentané de la part des établissements sidérurgiques de l'Oural méridional, serait justifié largement par les avantages que leur procurerait la construction d'un chemin de fer! Ils doivent envisager en effet tout d'abord la question très grave du fonds de roulement, les expéditions plus régulières, le prix de transport par chevaux à réduire proportionnellement, l'introduction de fabrications nouvelles impossibles avec le mode de transport actuel, l'approvisionnement en combustible minéral plus économique que le bois, etc.

Le Gouvernement trouverait, par contre, des avantages sérieux dans l'encouragement de l'initiative privée pour la construction d'une voie ferrée quelconque et ce, non seulement par suite du développement rapide de toutes les industries de la région, mais aussi par l'économie des richesses forestières gaspillées actuellement pour la construction de barques vendues à vil prix et pour le chauffage de foyers industriels, enfin par l'emploi possible des minerais de fer de Magnitnaïa et Komarowo et par l'extraction plus rémunératrice encore du combustible minéral du bassin du fleuve Oural partiellement inexploré jusqu'à présent!

D'après les études faites, une telle voie reviendrait en moyenne à 75 000 Rs par verste (ponts, tunnels compris) ce qui représenterait pour une longueur totale de 500 verstes (1) une mise de fonds de 37 500 000 Rs. Une telle entreprise ne peut être faite pratiquement que par l'État.

(1) Ces 500 verstes se répartissent comme suit :

De Oufa (transsibérien) à la Bielaïa	100	verstes.
De la Bielaïa à Magnitnaïa par l'Inzer et Bieloretzk	230	—
Embranchement de Lapischta à Komarowo et Awzianopetrowsk	70	—
Embranchement de Bieloretzk à Kaga	75	—
Ligne reliant Awzianopetrowsk à Kaga par la Bielaïa	20	—
Longueur totale du réseau	495	verstes.

Soit, en chiffres ronds, 500 verstes.

La construction d'un chemin de fer à voie de 1 *m* donnerait, par contre, plus de satisfaction au point de vue financier, mais présenterait certains inconvénients si le trafic se développe ainsi qu'il faut s'y attendre; et surtout si plus tard, on construit la ligne Tchelabinsk-Tsaritzine à laquelle on ne pourrait alors se raccorder sans transbordement. La voie de 1 *m* ne revenant qu'à 20 000 Rs par verste (suppression de certains ponts et de tunnels) la dépense totale serait pour 500 verstes, de 10 millions de roubles.

On pourrait à la rigueur ne construire tout d'abord qu'une partie de ce réseau, mais il est à désirer dans l'intérêt de l'industrie sidérurgique de toute la région, que les travaux soient entrepris et menés à bonne fin dans le plus bref délai possible. Les éléments du succès existent et c'est le chemin de fer seul qui permettrait de les mettre en valeur; espérons que la situation générale de la métallurgie russe s'améliorera prochainement et que les richesses, partiellement encore inconnues, de l'Oural méridional profiteront à leur tour du développement des moyens de communication et seront appelées à jouer un rôle important dans la sidérurgie de la Russie qui peut nous réserver encore bien des surprises.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

CHRONIQUE

N° 257.

SOMMAIRE. — Wronski et les machines à vapeur. — Le Touage sur le Haut-Mein. — Détermination du degré d'humidité des maisons. — Les vibrations du Métropolitain de Londres. — Psychromètre régulateur et régulateur de température. — Le bilan du XIXe siècle.

Wronski et les machines à vapeur. — Hoëné Wronski. savant d'origine polonaise mort à Paris en 1853, a laissé un grand nombre d'ouvrages philosophiques et mathématiques dont quelques-uns. parait-il, fort obscurs. Il a eu la fantaisie d'aborder la question des machines à vapeur dans une brochure parue en 1829 et intitulée : « Aperçu de l'état actuel des machines à vapeur sous les points de vue de la mécanique et de l'industrie pour conduire à la solution accomplie du problème que présentent ces machines avec un supplément donnant la théorie mathématique rigoureuse des machines à vapeur fondée sur la nouvelle théorie des fluides. » Nous avons été assez heureux pour trouver un exemplaire de cette brochure devenue assez rare et l'offrir à la bibliothèque de la Société.

Wronski, en examinant la situation générale de l'industrie mécanique, est amené à citer un passage remarquable d'un rapport du comte de Chabrol, préfet de la Seine, rapport daté de 1825. Voici ce passage : Déjà la machine à vapeur sert à l'exploitation des mines; elle fait mouvoir les vaisseaux, creuse les ports, les canaux, les rivières, forge le fer et façonne le bois; elle écrase les grains; elle ourdit les tissus et transporte avec autant de promptitude que de sûreté, sur des routes en fer. les plus pesants fardeaux. Elle sera sans doute un jour le moteur universel, celui qu'on devra préférer, en toute circonstance, aux courants d'air, aux chutes d'eau, parce qu'à l'avantage d'une notable économie, elle joint la faculté précieuse de pouvoir être indifféremment employée en tout temps, en tout lieu, et sans interruption. Considérablement améliorée depuis son invention, la machine à vapeur peut obtenir, un jour, des ingénieuses recherches des physiciens, un nouveau perfectionnement. »

L'auteur compte douze progrès majeurs réalisés successivement dans l'art d'utiliser la puissance de la vapeur.

Le premier est constitué par l'emploi réel de l'action alternative de la vapeur par son expansion et sa condensation, proposé par Papin, mais réalisé positivement par Savery en 1896.

Le second projet majeur, quoique purement négatif, est l'invention de la soupape de sûreté par Papin en 1682.

La réalisation du mouvement d'un piston dans un cylindre par l'ac-

tion alternative de la vapeur (1), effectuée par Newcomen et Cawley, constitue le troisième progrès majeur dans le développement de l'art des machines à vapeur. Le brevet de ces inventeurs est de 1705.

Le mouvement d'un piston dans un cylindre obtenu par l'action de la vapeur à haute pression et sans condensation proposé par Leupold (1724) constituerait le quatrième progrès essentiel.

L'économie de vapeur obtenue par diverses inventions de Watt, notamment la condensation en dehors du cylindre, constitue le cinquième progrès essentiel.

Le sixième est formé par la régularisation et l'accélération du mouvement dus à la substitution à l'atmosphère de l'action immédiate de la vapeur sur le piston, réalisée également par Watt.

Le septième progrès majeur peut être représenté par l'ensemble des moyens mécaniques appliqués pour produire la vapeur, la conduire dans le cylindre et la condenser, la régulariser, ainsi que pour transmettre l'action du piston au moteur principal et disponible et aux différents moteurs accessoires qui servent à faire mouvoir les pièces de la machine. Ces perfectionnements sont dus à un certain nombre de personnes entre autres Boulton et Watt.

La réalisation par Watt de la machine à détente par dilatation de la vapeur primitive dans une partie du cylindre constitue manifestement le huitième progrès fondamental dans l'amélioration des machines à vapeur.

Le neuvième réside dans l'emploi fait par Hornblower de deux cylindres pour réaliser simultanément les deux actions distinctes de la vapeur, savoir : l'action constante de sa compression continue et l'action variable provenant de sa dilatation également continue.

La combinaison de la machine à deux cylindres d'Hornblower avec de grandes tensions de la vapeur, faite par A. Woolf et opérant une espèce de transition des machines à condenseur avec celles à haute pression, est, sans contredit, le dixième progrès essentiel dans le perfectionnement des machines à vapeur.

La détermination par divers physiciens anglais et français, parmi lesquels il faut surtout distinguer le célèbre Dalton, des lois que suit le phénomène de la vapeur aqueuse dans toutes ses relations mécaniques forme incontestablement le onzième progrès fondamental dans l'art des machines à vapeur.

Enfin l'application de la vapeur à haute pression, sans aucune condensation ultérieure, établie plus clairement dans une machine inventée par Trevithick et destinée principalement à faire mouvoir des voitures et autres mobiles de transport, constitue le douzième et dernier progrès essentiel dans l'art des machines à vapeur.

Wronski serait disposé à voir un treizième progrès capital dans le remplacement par des moteurs à rotation directe des machines à mouvement alternatif, dans l'emploi desquelles il voit, ce qui étonne de la

(1) Il ne s'agit pas ici du double effet, comme une rédaction peu correcte pourrait le faire supposer, mais de l'action successive du même côté du piston de la vapeur gazeuse et de la vapeur produisant le vide par sa condensation.

part d'un mathématicien, une perte énorme de force par le fait que la force de l'impulsion du piston et de tous les mouvements de la machine, à l'exception seulement de celui de l'arbre du volant, doit être arrêtée pour ainsi dire à chaque instant, et doit, par conséquent, être perdue avec une force égale qui sert à détruire la première.

Aussi, dit-il, est-il reconnu généralement par tous les ingénieurs que le produit total des meilleures machines à vapeur, telles qu'on les construit aujourd'hui, n'est que la moitié de la force de vapeur qu'il faut dépenser pour obtenir ce produit. Et certes, quelque grands que soient les frottements des nombreuses pièces de ces machines si compliquées, ils sont loin d'absorber cette moitié de la force dépensée.

Si les idées de Wronski sur ce point peuvent nous paraître aujourd'hui extraordinaires, il ne faut pas perdre de vue que c'étaient celles de bien des gens à l'époque et c'est précisément à ces opinions inexactes sur la perte de force par l'emploi des machines alternatives que sont dues les recherches si persévérantes et souvent si ingénieuses faites pour réaliser des machines à rotation directe.

L'auteur se propose de fixer le véritable problème des machines à vapeur, celui dont la solution conduira à l'accomplissement de l'art de ces machines. Ce problème consiste à construire une machine à vapeur qui remplisse complètement les sept conditions suivantes :

1° Elle doit être contenue dans le *minimum* mathématique d'espace, c'est-à-dire elle doit occuper le moindre volume possible;

2° Dans ce moindre espace, elle doit contenir le *maximum* mathématique de vide pour l'emplacement de la vapeur et, par conséquent elle doit avoir le moindre poids possible en remplissant toutefois la condition essentielle d'une solidité suffisante pour offrir une garantie complète contre l'explosion;

3° La construction doit être indépendante du lieu où elle fonctionne, afin de pouvoir agir partout et durant même son transport;

4° De plus, cette construction doit être la plus simple, en ne contenant que des pièces d'une action immédiate, c'est-à-dire sans avoir aucune pièce intermédiaire pour la communication du mouvement;

5° La machine entière doit être susceptible d'une fabrication courante pour pouvoir, tout à la fois, et se vendre à bas prix et se réparer en tout lieu par des mécaniciens ordinaires;

6° Elle doit pouvoir appliquer immédiatement son moteur à tout usage, sans roues, manivelles ou autres pièces de transmission et, par conséquent, elle doit pouvoir fonctionner verticalement, horizontalement ou de tel autre côté qu'on voudra la renverser;

7° Enfin son moteur doit avoir une action continue et régulière, autant que possible et il doit ainsi rendre la totalité de la force contenue dans la vapeur dépensée, en perdant le moins possible de cette force pour vaincre les frottements inséparables de l'essence de la matière.

Tel est d'après l'auteur, dans sa détermination *a posteriori* et *a priori*, le véritable problème des machines à vapeur, pour les porter à une perfection accomplie. Or il pense pouvoir offrir, en s'appuyant sur des calculs mathématiques rigoureux, une solution de ce problème, dans la

construction d'une machine que, par la raison qu'il va signaler, il nommera *dynamogène*.

Ce qui caractérise cette machine, c'est qu'elle remplit, parmi les sept conditions énoncées ci-dessus, celle qui est la plus essentielle, c'est-à-dire la septième, au delà même du sens qu'on y attache jusqu'à ce jour, c'est qu'elle offre, dans toute l'exactitude de cette expression, une véritable génération indéfinie de force.

Pour concevoir cette question indéfinie de force, il faut savoir, contre les idées établies jusqu'à ce jour, que, dans une quantité donnée de vapeur aqueuse ou de tout autre fluide élastique, il existe toujours une force mécanique infinie. Cette vérité, que les géomètres pourront démontrer facilement, paraîtra sans doute, au premier aspect, un paradoxe mécanique, et c'est uniquement dans cette considération que l'auteur la présente ici comme une vérité nouvelle, car il est impossible que, dans les nombreuses manières dont on a employé la vapeur, on n'ait pas déjà profité de cette vérité, même sans la connaître expressément. C'est en s'attachant principalement à cette vérité importante que les machines à vapeur peuvent recevoir, non seulement une perfection nouvelle, mais, de plus, leur dernier accomplissement.

C'est dans un supplément intitulé : « Théorie mathématique rigoureuse des machines à vapeur » que Wronski expose, avec beaucoup de développements, les principes sur lesquels repose son système. On a pu voir, par ce qui précède, que les principes de physique n'intervenaient en rien dans sa manière d'envisager la question ; les expressions de chaleur ou de calorique n'y figurent même pas, on ne trouve que celle de température, l'auteur se bornant à considérer la vapeur comme un gaz permanent et à envisager sa dilatation par la chaleur.

Dans ces conditions, les pressions extrêmes P, celle du fluide à l'origine et Q, celle du condenseur ou du milieu où s'échappe le fluide, après avoir agi, constituent les points de départ avec l'hypothèse de la détente complète entre ces limites et le facteur dynamométrique des machines à vapeur est le logarithme naturel de $\frac{P}{Q}$.

La force moyenne existe lorsque ce logarithme est égal à l'unité, on a alors $\frac{P}{Q} = e$. Or e, nombre philosophique de la théorie des logarithmes, est égal à 2,7128. On en conclut que, pour ce qui concerne la vapeur aqueuse, sa force moyenne et utile a lieu, dans les hautes pressions, lorsqu'elle agit à peu près avec 3 *atm* et qu'elle est ensuite rejetée dans l'air atmosphérique et, dans les basses pressions, lorsqu'elle agit avec la pression de 1 *atm* et s'échappe au condenseur.

On voit que ce facteur, le logarithme naturel de $\frac{P}{Q}$, qui est égal à l'unité dans l'état moyen, peut recevoir toutes autres valeurs depuis zéro jusqu'à l'infini ; on peut donc augmenter indéfiniment la force de la vapeur employée dans une machine. Ainsi le facteur dynamogénique double déjà la force de la vapeur pour une pression de 7 *atm*, ce qui n'exigerait qu'une température de 168° et, si l'on rendait les machines propres à recevoir des pressions de 20 à 50 *atm*, ce qui ne demanderait

encore qu'une température praticable, le facteur dynamogène triplerait et quadruplerait la force de la vapeur employée.

A la vérité, si on remonte à l'origine de ce facteur dynamogénique, on trouve qu'il provient principalement de l'action de la vapeur dans sa détente, action qui est déjà employée dans les machines à vapeur telles qu'elles existent aujourd'hui. Mais la propriété caractéristique de cette action, consistant dans une *génération arbitraire et illimitée* de la force de la vapeur, telle que la détermine le facteur dynamogénique, n'a pas encore été employée expressément.

Il est extraordinaire qu'un esprit essentiellement mathématique n'ait pas compris à première vue combien il était absurde de prétendre tirer d'une quantité de matière finie, c'est-à-dire un poids de vapeur ou, si on veut, de combustible, une force indéfinie. Chose singulière, Wronski dit avoir été incité à présenter ces singulières observations sur la machine à vapeur par un passage de la célèbre notice d'Arago sur ces machines, notice insérée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, en 1828, page 202. Or, ce passage bien remarquable est précisément l'avertissement donné par la pratique qui, prétend irrévérencieusement un dicton américain, a été inventée par le diable pour contredire la théorie, afin de mettre en garde contre les conséquences fâcheuses de déductions philosophiques raisonnant sur des machines idéales et ne tenant pas compte de la nature matérielle de ces machines. Voici ce passage : « Au moment de mettre cette feuille sous presse, j'apprends qu'une expérience faite, ces jours-ci, fort en grand, sur un bateau à vapeur de l'État, et à l'aide d'une machine susceptible d'agir à volonté avec ou sans détente, montrerait non seulement que la détente n'amènerait aucun résultat utile, mais même, tout paradoxal que cela puisse paraître, qu'elle occasionnerait, à égalité d'effet, un accroissement notable dans la consommation du charbon. » Bien d'autres faits devaient ensuite confirmer cette première observation et appeler l'attention sur cette mystérieuse différence entre le poids d'eau réellement consommé par les machines et le poids calculé d'après le volume de vapeur introduit au cylindre. On sait que Pambour l'attribuait à l'eau entraînée à l'état liquide avec la vapeur. Cest en 1838 que Thomas, à son grand honneur et à celui de l'enseignement de l'Ecole Centrale, donna le premier la véritable explication de ce phénomène dû à l'influence des parois métalliques du cylindre et du piston.

Si Wronski, comme on l'a vu plus haut, paraissait disposé à voir un dernier progrès de la machine à vapeur dans l'emploi de moteurs à rotation immédiate, il était tout à fait opposé à celui des machines à réaction au sujet desquelles il vise le passage suivant, à coup sûr très curieux, de la notice d'Arago dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* : « Watt, à qui les essais du mécanicien grec n'étaient pas inconnus, croyait qu'on ne pourrait jamais en tirer rien d'utile. D'autres personnes, si je suis bien informé, augurent, au contraire, assez favorablement des effets qu'il serait possible d'obtenir avec le mécanisme d'Heron perfectionné, pour avoir cherché, par un brevet (1), à s'en assurer la jouis-

(1) Nous avons cru devoir rétablir le texte d'Arago. Wronski, au lieu de « par un brevet » a écrit « à prix d'argent ».

sance exclusive : *le temps et l'expérience prononceront*. On voit, au demeurant, que si, par des modifications quelconques, des machines à vapeur et à réaction réussissaient un jour, et qu'on juge à propos d'en écrire l'histoire, il faudrait s'empresser de signaler Héron comme leur premier inventeur. » Nous renverrons à la brochure de Wronski pour les objections, insurmontables d'après lui, qui s'opposent à la réussite des machines à vapeur à réaction.

Le *grand Dictionnaire* de Larousse contient le renseignement suivant : « Wronski s'est occupé de plusieurs inventions industrielles, entre autres de la locomotive à vapeur sur les routes ordinaires. On prétend que ses roues à rails mobiles et ses dromades (locomotives) ont fonctionné régulièrement vers 1850. Des difficultés accessoires ont empêché le développement de cette industrie dont le jour n'était pas encore venu. »

Nous ignorons absolument où l'ouvrage que nous venons de citer a pu tirer ce renseignement. Nous n'avons rien trouvé à ce sujet. Mais il nous semble que le caractère si peu pratique des idées de Wronski sur les machines à vapeur, caractère dont on a pu juger par ce qui précède, rend le fait du fonctionnement régulier d'un appareil mécanique dû à ce savant extrêmement peu vraisemblable.

Le touage sur le Haut-Mein. — Le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* donne un intéressant article de M. Ed. Weiss, membre de la Direction générale des Chemins de fer de l'État bavarois, sur les toueurs récemment construits pour le service du Haut-Mein.

Le Gouvernement bavarois a commencé en 1894 des travaux importants pour l'amélioration de la navigation sur le Haut-Mein entre Aschaffenbourg à 40 *km* environ en amont de Francfort et Kitzingen dans la Basse Franconie, sur une distance de 200 *km* et y a consacré 5 millions de francs, plus une somme de 3 millions et demi pour l'établissement du touage sur ce parcours. Ces travaux sont aujourd'hui achevés et cinq toueurs appartenant à l'État sont actuellement en service.

L'administration avait préalable fait une enquête sur le meilleur système à employer pour l'attaque de la chaine. On avait le choix entre : 1° Les tambours lisses employés sur le Mein et l'Elbe ; 2° les poulies à griffes en usage sur l'Elbe et 3° les poulies magnétiques employées sur la Seine entre Paris et Conflans.

On a donné la préférence aux roues à griffes qui usent moins la chaine et avec lesquelles celle-ci peut se nouer sans dommage pour elle-même et pour le mécanisme. On emploie comme propulseur pour la descente, le touage servant seulement pour la montée, des turbines à cause du très faible tirant d'eau du bateau.

Les toueurs construits dans les chantiers de la Société de navigation « Kette » (la chaine) à Uebigau, près Dresde, ont les dimensions principales ci-après :

Longueur sur le pont	50 *m*
— à la flottaison	46
Largeur extérieure	7,40

Creux sur le pont au milieu	2,40
— — aux bords	2,22
Tirant d'eau en charge	0,56
Déplacement	147 m^3

La coque est construite en acier Martin-Siemens ; elle est divisée par six cloisons en sept compartiments étanches. Les membrures sont écartées de 0,450 à 0,600 *m* dans les chambres des machines et de 0,600 dans les autres parties, sauf aux extrémités où elles se rapprochent à 0,500 *m*. A chaque membrure correspond un barrot en fer profilé et, tous les quatre barrots, il y en a un en Z en tôle et cornières. Le bordé est en tôle de 5,5 *mm* dans les fonds sous les machines, de 5 sous le reste et de 4,5 sur les côtés. Les couples ont la forme rectangulaire, il n'y a pas de façons, mais simplement des plans inclinés aux extrémités. Le pont a une forte courbure du milieu aux extrémités, il est en tôle. Il y a un gouvernail équilibré aux deux bouts avec commande du centre du bateau.

La vapeur est fournie par une chaudière tubulaire à flamme directe avec foyer cylindrique en tôle ondulée. La chaudière a 1,80 *m* de diamètre et 4,50 *m* de longueur ; les tubes ont 1,765 *m* de longueur. La surface de grille est de 1,78 *m* et la surface de chauffe de 56,2 *m* ; la pression est de 10 *atm*.

Le mécanisme de la chaine est actionné par une machine horizontale placée à bâbord et formée de deux paires de cylindres placés en tandem deux à deux, le cylindre à basse pression derrière le cylindre à haute pression qui est du côté de l'arbre. Ces cylindres ont respectivement 0,18 et 0,33 *m* de diamètre et 0,400 de course ; l'arbre fait 150 à 160 tours par minute. Les tiroirs sont sur les cylindres avec tiges communes et la distribution est du système radial de Klug.

Ces machines fonctionnent à condensation avec condenseur à injection et pompe à air indépendante de 216 *mm* de diamètre et 254 de course, actionnée par un cylindre à vapeur de 190 *mm* de diamètre et même course.

L'arbre moteur actionne par une transmission à engrenage avec arbre intermédiaire et réduction de vitesse de 10 à 1 l'arbre de la roue à griffes. Celle-ci à 2 *m* de diamètre au contact de la chaine, elle est du système imaginé par M. Bellingrath, directeur de la Société de Navigation de l'Elbe, à Dresde, dans lequel l'adhérence de la chaine dans la gorge de la roue est assurée par une série de griffes ou broches horizontales sortant des joues de la poulie pour s'engager latéralement entre les maillons de la chaine et se dégageant à l'endroit voulu pour abandonner la chaine. Le serrage des broches est opéré par des ressorts et le desserrage par le roulement de galets reliés aux broches contre des pièces en plan incliné. On trouvera la description de ce système avec dessins dans le volume XXXIX, page 705 du *Zeitschrift*.

La chaine venant de l'avant passe, comme d'habitude, sur des rouleaux en fonte trempée contenus dans une gouttière en tôle, elle passe sous un galet ramené vers le bas par un tendeur à ressort, puis sur la demi-circonférence supérieure de la poulie à griffes, puis redescend

verticalement pour être reprise par un galet qui la ramène sur le pont à l'arrière du bateau. Des puits dont le fond est garni en bois sont disposés devant et derrière la poulie à griffes pour recevoir le mou de la chaine.

Sur le prolongement de l'arbre de la machine est calée une poulie à gorge que peuvent serrer deux puissants freins à mâchoires manœuvrés du pont. On peut ainsi immobiliser le toueur à un endroit quelconque sans être obligé de jeter l'ancre.

Les aiguilles de manœuvre de la chaine à l'avant et à l'arrière du bateau ne présentent rien de particulier.

Les turbines (1) placées de chaque côté à peu près au milieu de la longueur de la coque sont actionnées chacune par une machine compound verticale montée sur colonnettes en fer, dont les cylindres ont 180 et 330 *mm* de diamètre (pour avoir des pistons semblables à la machine de la chaine) et 250 *mm* de course.

Le nombre de tours est de 225 à 250 par minute. L'arbre actionne directement la turbine qui a 850 *mm* de diamètre extérieur et 438 de diamètre au moyeu et 15 aubes.

Ces turbines aspirent l'eau par un canal intérieur à la coque et débouchant à l'extérieur et la refoulent dans un conduit, débouchant aussi à l'extérieur mais vers l'arrière. Pour pouvoir mouvoir le bateau dans les deux sens, on a employé une disposition ingénieuse; les turbines tournent toujours dans le même sens, l'eau refoulée peut être évacuée soit vers l'arrière par l'ouverture du conduit de refoulement soit vers l'avant par un tuyau auxiliaire superposé au précédent et débouchant vers l'avant, ce tuyau auxiliaire pouvant être raccordé instantanément avec le tuyau principal de refoulement par un tuyau coudé en demi-cercle tournant autour d'un axe horizontal. La manœuvre peut être faite en un instant et sans arrêt des machines des turbines.

Le condenseur dont il a été question sert aussi aux machines des turbines. Avec la chaine, le bateau remonte à la vitesse de 1,1 à 1,6 *m* par seconde, ce qui correspond à 4 à 5,8 *km* à l'heure, les machines développent environ 130 *ch*, ce qui correspond à un effort de traction maximum de 4 000 *kg*. A la descente, les machines des turbines développent 65 *ch*, la vitesse atteint 12 à 14 *km* à l'heure.

Détermination du degré d'humidité des maisons. — Nous extrayons ce qui suit des Annales de la Société des Ingénieurs et Architectes italiens.

On trouve dans un article de l'Ingénieur Manzella, publié dans la *Rivista tecnico-legale*, des données importantes sur la détermination de l'humidité dans les maisons de construction nouvelle.

D'après l'article 39 de la loi sanitaire du 22 décembre 1888, le bureau sanitaire ou l'ingénieur délégué par lui, avant de délivrer le permis d'habitation pour une maison nouvellement construite, doivent s'assurer que les murs sont suffisamment séchés, que les pièces sont conve-

(1) On trouvera la description du propulseur à turbine dans le *Zeitschrift* volume XXXVIII, page 1.

nablement aérées et éclairées, qu'on a pourvu à l'évacuation des eaux sales, des matières fécales, etc., de manière à ne pas infecter le sous-sol, que les latrines, les éviers, etc., ne donnent pas lieu à des exhalaisons gênantes ou à des infiltrations, enfin que toutes les prescriptions exigées par les règlements locaux d'hygiène ont été observées.

Parmi ces prescriptions, la plus intéressante est peut-être celle qui est relative à la détermination de l'humidité des murs, étant donnée l'influence fâcheuse de cette humidité sur la santé des habitants.

Le règlement d'hygiène de la ville de Palerme exige que les maisons nouvellement construites ou en partie reconstruites ne puissent être habitées qu'un an après la date de l'apposition des derniers enduits et les maisons simplement réparées que trois mois après l'achèvement des réparations.

La fixation d'un délai constant avant la possibilité d'habitation des maisons peut donner lieu à des inconvénients sérieux; il peut arriver que des constructions non exposées au soleil et mal ventilées soient encore, après une année écoulée, assez humides pour être dangereuses à habiter tandis que d'autres placées dans des conditions plus favorables pourront être habitées sans inconvénient avant le même délai.

C'est pour cela qu'il est utile de recourir à la détermination de l'humidité contenue dans les murs et de fixer un degré maximum, 1 à 2 0/0 par exemple avec lequel il sera permis de considérer une maison comme suffisamment sèche.

On a proposé diverses méthodes pour cette détermination; on peut les grouper en deux classes; la première pour celles qui se bornent à apprécier au moyen de psychromètres l'état hygrométrique de l'air ambiant, la seconde pour celles qui s'attachent à déterminer la quantité d'eau contenue dans les enduits.

C'est à cette dernière catégorie qu'appartiennent les méthodes d'Esmark, de Lassaigne, de Glässen et celles récemment proposées de Markl et de De Rossi.

Les méthodes de la première classe sont peu rigoureuses, celles de la seconde sont plus exactes, mais nécessitent pour leur application une certaine pratique du laboratoire qu'on ne rencontre pas toujours chez les employés d'un bureau sanitaire.

Le docteur Bullner (*Arch. für Hygiene* 1900) propose une méthode de détermination qui unit la plus grande simplicité à une grande exactitude; cette méthode consiste à faire absorber l'eau hygroscopique contenue dans le mortier réduit en poudre par l'anhydrite phosphorique P^2O^5, lequel en s'hydratant passe à l'état d'acide métaphosphorique HPO^3 et devient déliquescent.

Pour mettre ce procédé en pratique, on opère sur 20 *g* environ d'anhydrite phosphorique qu'on met dans un verre de montre posé sur un support dans une étuve a dessication de la capacité de trois quarts de litre. Au-dessous on met une capsule en porcelaine contenant 15 à 20 *g* de mortier réduit en poudre. La dessication du mortier a lieu en 24 heures si celui-ci contient une quantité d'eau médiocre et en 48 heures s'il en renferme beaucoup. Pour l'appréciation de la perte de poids due à la

dessication, une balance donnant une précision du centigramme suffit parfaitement.

On peut objecter à ce procédé que, pendant la dessication, le mortier peut absorber de l'acide carbonique de l'air contenu dans l'étuve, mais, étant donné le faible volume de celle-ci, l'erreur ainsi causée serait tout à fait insignifiante.

Pour abréger la durée de l'opération, le docteur Bullner propose de chauffer l'étude à 35° C., ou d'y établir une dépression, mais l'avantage ainsi obtenu est très minime.

L'auteur de l'article, l'ingénieur Manzella, a exécuté une série de recherches au moyen de cette méthode, et pour éviter toute cause d'erreur et en même temps exercer sur les opérations un contrôle rigoureux, il a opéré sur du carbonate de chaux neutre réduit en poudre, humecté avec des quantités d'eau variables. Chaque échantillon du poids d'environ 1 *g* était exposé dans un appareil de dessication et pesé après 24 et 48 heures. Dans la seconde pesée on a toujours trouvé le même poids qu'à la première, même quand la proportion d'eau atteignit 30 0/0. Si on mettait ensuite la capsule dans une étuve chauffée à 120° et si on l'y laissait pendant 5 heures, la nouvelle perte de poids n'atteignait pas 0,1 0/0; dans un seul cas elle a été de 0,14 0/0; de telles différences sont insignifiantes en pratique quand on opère sur une vingtaine de grammes de matière.

La méthode de Bullner donne donc des résultats très précis avec des manipulations des plus simples. On change l'acide phosphorique quand il est en grande partie hydraté, mais, même en le changeant à chaque opération, la dépense ne dépasse pas 12 centimes par opération.

Quant aux méthodes, citées plus haut, de Markl et de De Rossi, l'ingénieur Spataro s'en occupe dans l'*Ingegneria Sanitaria* et indique quelques résultats obtenus avec ces méthodes.

Celle de Markl est fondée sur le traitement du mortier par l'alcool très concentré qui en absorbe toute l'humidité; on constate avec un aréomètre suffisamment sensible la différence de densité de l'alcool avant et après, ce qui donne la quantité d'eau contenue dans le mortier.

On opère sur 10 à 15 *g* de mortier et 150 cm^3 d'alcool.

La méthode de De Rossi, fondée sur le même principe, emploie au lieu d'un densimètre, deux flotteurs de poids légèrement différent, correspondant au poids spécifique de deux alcools très concentrés mais ayant une proportion d'eau différente. La recherche se borne à constater si le mortier contient plus ou moins d'eau que la proportion tolérée, laquelle est déterminée par l'examen d'échantillons pareils de mortier pris dans des murs déjà secs.

Pour ces recherches, on prépare d'abord, avec addition d'une proportion d'eau convenable, un alcool de densité égale à celle du premier flotteur; on immerge dans cet alcool l'échantillon de mortier à examiner et on y introduit l'autre flotteur; de la densité plus ou moins grande trouvée pour le liquide, on déduit si la proportion d'eau contenue se trouve dans les limites concédées.

On peut simplifier cette méthode par la suppression des deux flot-

teurs. Si on met en contact les deux alcools, celui dans lequel a été immergé le mortier et l'autre, après avoir eu soin d'en colorer un, il se produit des phénomènes de diffusion par lesquels il est facile de déterminer les densités relatives des deux alcools.

Les vibrations du Métropolitain de Londres. — Au mois de juillet 1900, a été inauguré la nouvelle ligne métropolitaine du Central-Londres-Railway, longue de 9,5 *km* environ, reliant Shepherd's Bush à la Banque. La voie, entièrement souterraine, est installée dans un double tunnel formé de deux tubes en fonte placés sous le sol à une profondeur de 20 à 30 *m*. Les trains y sont remorqués par traction électrique.

Il donna lieu immédiatement à des plaintes diverses de la part des voyageurs, les uns se plaignaient du froid, les autres des odeurs; mais bientôt un inconvénient plus sérieux fut signalé : le passage des trains provoquait des vibrations portant un sérieux préjudice aux habitations du voisinage.

L'émotion a été assez grande pour décider le Board of Trade à nommer une commission chargée de faire une enquête et d'indiquer, si possible, des remèdes au mal.

Personne n'avait soupçonné l'inconvénient avant l'ouverture de la ligne, ni dans le public, ni dans le monde des ingénieurs et aucune réserve n'est insérée à cet égard dans l'acte de concession. Le journal *The Engineer*, qui s'occupe de la question, pense qu'on ne saurait attribuer les vibrations qu'aux trois causes suivantes :

1° La nature des terrains et la situation de l'ouvrage;

2° La construction du tunnel;

3° La vitesse des trains.

Dans l'espèce, les deux dernières causes doivent être écartées par la raison que les vibrations ne se manifestent que dans certaines sections, alors que la construction du tunnel et de la voie est uniformément la même sur toute la longueur de la ligne parcourue par des trains de même allure.

La nature du terrain et la situation du tunnel paraissent, au contraire, rendre très bien compte du phénomène. On constate, en effet, d'une part que les sections où les vibrations se manifestent sont celles où l'ouvrage est établi dans le gravier, tandis que celles qui traversent l'argile londonnienne, *London clay* en sont exemptes, et, d'autre part, que le champ d'extension des vibrations est d'autant plus grand que le tunnel est à une plus grande profondeur. Or, un tube métallique est bien fait pour vibrer; il est probable que des ondes synchroniques qui se superposent prennent naissance en différents points; qu'une onde précède un train en marche tandis qu'une autre se développe derrière lui et se propage en sens contraire. Ces ondes sont brisées, étouffées, lorsque le tube est en contact avec l'argile ou des terrains compacts, mais les graviers ne présentent pas la même propriété et conduisent plus ou moins les vibrations. Et l'influence de la profondeur s'explique d'après les recherches de R. Mallet sur les tremblements de terre, qui paraissent établir que, d'une facon générale, le champ de transmission des mou-

vements est défini par un triangle isocèle dont le sommet, tourné vers le bas, est le siège de la cause productrice du mouvement, l'inclinaison des côtés variant d'après la nature des terrains traversés. Dans le cas qui nous occupe, le sommet du triangle serait occupé par le tube et, pour un terrain donné, plus la profondeur, c'est-à-dire la hauteur du triangle est grande, plus la base de ce triangle doit être développée.

Les renseignements relatifs à l'intensité des vibrations perçues sont contradictoires; des maisons situées à 100 yards (91,5 *m*) au sud et au nord de la ligne paraissent en être affectées.

D'après l'*Engineer*, étant donné que le tube existe et qu'il faut le subir, on ne pourra chercher à en atténuer les inconvénients qu'en s'adressant, d'une part, à la voie que l'on devra s'efforcer de rendre aussi dure que possible et de ballaster de manière à contrarier la transmission des vibrations des rails au tube métallique et, d'autre part, au matériel roulant dans lequel on devra notamment éviter des attelages trop rigides et dont l'élasticité dans le sens vertical devra être bien assurée. Ce qui précède est emprunté aux *Annales des Travaux publics de Belgique*.

Psychromètre régulateur et régulateur de température. — Notre collègue, M. G. Dorian, a imaginé des dispositions de psychromètre régulateur et de régulateur de température sur lesquelles il nous paraît intéressant d'appeler l'attention. Le principe est connu, il s'agit d'utiliser la dilatation ou la contraction d'un fluide par des changements de température pour actionner un organe agissant sur la source de chaleur, un registre ou un robinet à gaz.

Les diverses membranes métalliques employées dans la construction des baromètres, régulateurs de température, etc., ont leur champ d'application limité parce que l'élasticité utilisable est dépendante de la résistance de la matière qui les constitue, aussi n'a-t-on en général qu'une élasticité très limitée et une course qui ne représente qu'une fraction minime de la longueur ou du développement de l'organe.

M. Dorian constitue l'organe flexible par un tube de caoutchouc logé dans un ressort à spirales rapprochées. Le caouchouc joue le rôle de réservoir étanche, son élasticité dans le sens de la longueur est entièrement libre et le ressort qui l'entoure lui donne la résistance transversale qui lui manque. Ainsi une membrane de 1 *cm* de section seulement et de 300 *mm* de longueur, est capable d'un effort de 12 *kg* et d'une course de 60 *mm*. Une membrane de 0,20 *m* de diamètre et de 0,30 *m* de longueur donnerait un effort de près de 3800 *kg* avec 60 *mm* de course pour une pression intérieure de 12 *kg*.

Le régulateur de température se compose d'une ampoule constituée comme il vient d'être dit; sous l'action des variations de la température, le liquide contenu dans l'ampoule se dilate ou se contracte et transmet ses changements de volume à la membrane qui, à son tour, agit sur l'organe d'admission du fluide chauffant par une pièce qui est, pour le gaz, une soupape, pour la vapeur un robinet à soupape équilibrée, et pour l'eau et l'air chaud des papillons appropriés. Un appareil de ce système a été appliqué au réglage de la température dans une des

salles de l'hôpital Lariboisière, où il fonctionne depuis la fin de 1898. La température se maintient exactement à 19°.

Le psychromètre régulateur règle à la fois la température et l'état hygrométrique de l'air dans une enceinte. Il est constitué, comme le psychromètre d'Augst, d'un régulateur à ampoule sèche et d'un régulateur à ampoule humide. Dans ce dernier, l'ampoule porte un dispositif spécial pour l'humidification, lequel consiste en des toiles enserrant l'ampoule et plongeant dans l'eau, lesquelles entretiennent l'humidification de l'ampoule par capillarité. Le régulateur à ampoule sèche agit sur une conduite de chauffage et le régulateur à ampoule humide agit sur une conduite d'humidification se composant de tuyaux percés de petits trous et distribuant la vapeur dans l'atmosphère de l'enceinte.

Ces appareils répondent au programme de la Société industrielle de Mulhouse visant le réglage automatique de la température et de l'état hygrométrique de l'air dans les étendages des fabriques d'indiennes; aussi la Société a-t-elle accordé à M. Dorian le prix 49 consistant en une médaille d'argent.

On trouvera des détails complets avec dessins dans le bulletin de juillet-août 1900 de la Société Industrielle de Mulhouse.

Le bilan du XIXe siècle. — Sous le titre « Nineteenth Century in a nutshell » c'est-à-dire le dix-neuvième siècle dans une coquille de noix, le journal américain *Answers* établit comme suit le doit et avoir du siècle qui vient de finir.

Ce siècle a reçu de ses prédécesseurs le cheval, il laisse au suivant la bicyclette, la locomotive et l'automobile.

Il a trouvé la plume d'oie et laisse la machine à écrire.

Il a trouvé la faux et laisse la machine à moissonner.

Il a trouvé la presse à imprimer à bras et laisse la machine rotative.

Il a trouvé la peinture sur toile et laisse la lithographie, la photographie et la photographie des couleurs.

Il a trouvé le métier à tisser à bras, il laisse la filature et le tissage mécaniques du coton et de la laine.

Il a trouvé la poudre et laisse les puissants explosifs.

Il a trouvé la chandelle de suif et laisse la lumière électrique.

Il a trouvé la pile et laisse la dynamo.

Il a trouvé le fusil à pierre et laisse les armes à tir rapide.

Il a trouvé le navire à voile et laisse le navire à vapeur.

Il a trouvé le télégraphe aérien et laisse le téléphone et la télégraphie sans fils.

Il a trouvé la lumière ordinaire et laisse les rayons Roentgen.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1901.

Notice nécrologique sur M. **E. Chatin,** Membre du Comité d'agriculture, par M. PRILLIEUX.

Rapport sur **l'organisation des recherches de science industrielle** poursuivies sous les auspices de la Société d'Encouragement, présenté au Conseil par M. H. LE CHATELIER, Membre du Conseil.

Le rapport expose d'abord que les recherches de science industrielle poursuivies dans ces dernières années sous les auspices de la Société d'Encouragement ont produit des résultats pratiques dont l'importance est aujourd'hui indiscutée ; l'industrie en a déjà largement profité. En présence d'une telle situation, il n'y a qu'à aller de l'avant sans crainte. Néanmoins il y a lieu de formuler quelques règles à suivre pour assurer le judicieux emploi des fonds de la Société sous forme de subventions pécuniaires pour ce genre de recherches.

Ces règles sont très simples. La personne qui s'occupera plus particulièrement de l'organisation et du contrôle des recherches devra fournir deux rapports dont le premier est un *rapport préliminaire* indiquant le but précis des recherches, leur utilité pour l'industrie, les voies et moyens d'exécution, la subvention demandée, etc., et l'autre un *rapport final* indiquant les résultats obtenus et leur valeur.

Rapport de M. BARBET sur **la perforatrice à diamants et à commande électrique,** de M. FROMHOLT.

Cette perforatrice comporte une couronne diamantée faite par les procédés de sertissure appliqués par l'inventeur aux scies diamantées, elle tourne à très grande vitesse sous une très faible pression. La pression et l'avancement sont obtenus par une petite pompe hydraulique à bras installée sur un petit chariot attelé au truck qui porte les perforatrices. La vitesse est de 1 500 tours par minute et est donnée par une dynamo fixée directement à la perforatrice. Dans le calcaire dur, l'avancement est de 80 *mm* à la minute. En comptant le temps nécessaire au remplacement des tubes, il faut environ une demi-heure pour percer un trou de 1,50 *m* de profondeur.

Fabrication de la pâte d'alfa, par M. Marcel ROSTAING.

Cet important travail entre dans des détails circonstanciés sur le traitement de l'alfa, les eaux propres de fabrication dont la nature a une grande importance pour les résultats, le traitement des eaux résiduaires

dont on peut retirer avantageusement la soude, les diverses qualités d'alfa, le traitement chimique, lessivage et blanchîment et le traitement mécanique.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Codron.

L'auteur continue dans cette partie l'étude du tranchage des métaux et traite des cisailles à molettes.

Étude expérimentale sur le pliage des barrettes entaillées, par MM. Ch. Frémont et F. Osmond.

Nos distingués Collègues ont pensé qu'en raison de l'importance croissante que prend, parmi les méthodes d'essai des métaux, le pliage des barrettes entaillées, il était utile d'étudier avec quelque précision certains détails de cette méthode pour en mieux dégager la philosophie et fixer plus rationnellement les conditions dans lesquelles il convient de la pratiquer.

Leur important travail se divise en deux parties : l'étude des déformations et la comparaison des efforts et des déformations.

La première étude a été abordée par quatre méthodes : l'attaque par les acides, le polissage préalable, le quadrillage superficiel et le levé par courbes de niveau. Après les détails nécessaires sur l'application de ces méthodes, la note examine successivement les déformations dues à l'entaillage et considérées au point de vue de l'outil employé, lime, scie ou couteau, ou du mode d'action, pression lente ou choc, ou enfin entailles mixtes au rabot rectifiées par le couteau.

La seconde partie étudie les résultats donnés par les éprouvettes écrouies, recuites ou naturelles par pression lente ou par choc.

Nous avons eu occasion, dans le compte rendu d'un précédent travail de M. Fremont, d'indiquer l'utilité de l'essai par pliage qui peut être considéré comme réunissant les essais par traction ou compression, insuffisants chacun pour faire connaître un acier. Le présent travail constitue en quelque sorte le développement de celui-ci. Nous ne saurions entrer ici dans l'étude détaillée du mémoire, nous y renverrons nos Collègues en attirant leur attention sur les nombreuses photogravures qui l'illustrent et reproduisent les barrettes soumises aux essais de pliage.

Exposition internationale des organisations préventives contre le feu et du sauvetage dans les incendies, à Berlin en 1901.

On reproduit ici ce qui, dans les groupes 3 et 4, vise les deux points des ordures ménagères et de leur enlèvement et mise en valeur et des procédés techniques de protection contre le feu.

Calcul de **la résistance à la force centrifuge de la jante des volants et poulies,** par MM. Boramé et Julien.

Actuellement on cherche le centre de gravité de la demi-jante du volant et on calcule ensuite l'effort qui, appliqué à ce point, tend à sépa-

rer les deux demi-jantes. Les auteurs considèrent qu'il suffit de rechercher à quel effort est soumis un élément de la jante et de considérer cette jante comme soumise, à sa périphérie moyenne, à l'action d'une pression intérieure dont l'intensité, par unité linéaire périphérique, est égale à l'effort exercé sur l'élément primitivement considéré, la largeur de cet élément, à la périphérie moyenne de la jante, étant prise pour unité. On ramène ainsi le calcul à celui d'un cylindre soumis à une pression intérieure. On abrège par là beaucoup les calculs.

Notes de mécanique. — On trouve ici les règles pour la construction des conduites de vapeur à haute pression établies par l'*Association des ingénieurs allemands*, la description de l'excavateur Hetleseater, des hauts fourneaux, des aciéries de Lorain et de leur outillage mécanique.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e trimestre de 1900 (suite et fin).

Nouvelle méthode d'entretien des routes et chemins, par M. Cuénot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La dépense d'entretien des routes nationales s'est élevée, en 1898, pour la France et l'Algérie, à un total de 30 millions de francs pour une longueur de 40 000 *km* en nombre rond, soit, en moyenne, 750 *f* par kilomètre. Si on tient compte des routes départementales, des chemins de grande communication et d'intérêt commun, on arrive à un chiffre total d'entretien de 110 millions environ, sans compter 60 millions affectés aux chemins vicinaux ordinaires, laquelle somme est dépensée sous l'autorité des maires et généralement représentée par des prestations en nature.

L'auteur pense qu'on peut réaliser des économies importantes sur les chiffres donnés plus haut en se basant sur deux points :

1° La généralisation du cylindrage à vapeur et son application aux chemins de toute catégorie ;

2° L'étude d'un meilleur mode d'emploi de la main-d'œuvre appliquée comme conséquence de cette généralisation.

La présente note étudie tout particulièrement la seconde question. Elle passe en revue la méthode actuelle d'entretien reposant presque entièrement sur le plus ou moins de conscience d'un cantonnier travaillant isolément et sous une surveillance très inefficace, ce qui a fait dire, avec un affreux jeu de mots, que le cantonnier justifie son titre en ne travaillant que « quand on y est ». Il est à peine besoin d'insister sur les inconvénients de cette méthode.

Le système de travail en commun, appliquant sur les routes la méthode d'entretien usitée sur les voies ferrées, donne des résultats plus satisfaisants, mais présente d'autres inconvénients, entre autres encore l'insuffisance du contrôle.

Le système du travail à la tâche, essayé par l'auteur depuis près de trois ans, lui a donné toute satisfaction. La note développe le mode d'application de ce système et les résultats obtenus.

Une solution qui serait également très utilement employée serait la substitution de moyens mécaniques à la main-d'œuvre. En dehors des rouleaux, des balayeuses et boueuses qui ont déjà fait leurs preuves dans les centres importants, on peut encore se servir de charrues pour le décapement et le dressement des accotements, de charrues à curer les fossés, etc. On trouve dans la note la description de ces appareils et l'indication des résultats obtenus dans des essais.

L'auteur conclut de cette étude raisonnée que si on arrivait à assurer l'entretien des routes et chemins avec des machines et à l'entreprise, on pourrait réaliser sur les budgets départementaux et sur le budget de l'État une réduction de dépenses d'au moins onze millions.

Étude de **courbes pouvant servir au tracé de l'axe neutre des arcs de grande portée,** par M. G. Lebert, Ingénieur des ponts et chaussées.

Cette étude a pour objet de faire connaître une série de courbes d'équilibre, en dehors de la chaînette, qui pourront être avec avantage substituées à la parabole pour le tracé de l'axe neutre de l'arc d'un pont.

Le mémoire est divisé en trois parties dans la première desquelles l'auteur étudie une famille de courbes qui donnent, comme cas particulier, la parabole, la chaînette, l'arc de circonférence et une courbe intermédiaire entre la chaînette et l'arc de circonférence. Dans la seconde partie, il étudie une autre famille de courbes où on retrouve, comme cas particulier, la parabole et donne à cette seconde famille de courbes le nom de courbes paraboloïques. Enfin, dans la troisième partie, le mémoire présente quelques considérations sur le calcul des arcs, en insistant surtout sur ce point que l'étude des moments fléchissants peut toujours se subdiviser en deux études, l'une correspondant à des charges symétriquement placées qui nécessitent la détermination de la poussée, sans que les variations des moments d'inertie des arcs ordinairement admis aient une grande influence ; l'autre correspondant à l'action de couples indépendants de la poussée et de la forme des arcs ; cela suppose seulement que les arcs ont assez de raideur pour n'être que peu déformés.

Note sur **les travaux les plus récents exécutés pour l'amélioration de l'embouchure de l'Adour,** par M. Garbeta, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Les travaux exécutés, jusqu'en 1892, pour améliorer la barre de l'Adour et, en particulier, en abaisser le seuil ont consisté dans la construction de digues, d'abord pleines, ensuite à claire-voie. Depuis 1892, on a opéré par dragages. Le programme consistait à réaliser un chenal fixe et régulier d'une profondeur moyenne de 5 *m* au-dessous du zéro :

1° Par des dragages intensifs destinés à enlever les apports qui alimentent le bourrelet de la barre ;

2° Par le remplissage des anciennes jetées à claire-voie, en vue de

mettre fin aux déversements d'apports dans le chenal et de concentrer l'action du courant de jusant sur le bourrelet déjà affaibli par les dragages.

On a employé deux dragues suceuses et porteuses de $53 \times 8{,}90$ *m*, avec machine développant 475 chevaux indiqués, construites par la maison Satre. Ces dragues, dans les quatre années de 1896 à 1899, ont extrait en moyenne 480 m^3 par heure de pompage. On a, depuis 1898, obtenu un chenal de largeur suffisante avec une profondeur minima voisine de 5 *m* au-dessous du zéro des cartes marines et on peut affirmer que l'efficacité des dragages pour des problèmes de ce genre est absolument démontrée.

(A suivre).

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1901.

District de Paris.

Séance du 18 février 1901.

Communication de M. G. Demenge sur **les appareils producteurs du gaz à l'eau** et en particulier sur le procédé Dellwik-Fleischer.

Nous avons traité la question du procédé Dellwik-Fleischer dans les Informations techniques de mai 1900, 2me quinzaine, page 326.

Communication de M. Ferd. Gautier sur **la formation des gisements aurifères.**

L'auteur expose que les mines d'or peuvent se rapporter à cinq types distincts qui se groupent en deux catégories, les formations primitives et les formations remaniées qui proviennent de la destruction des précédentes et, selon qu'elles ont donné lieu à des couches régulières ou à des amas sans consistance, on peut les diviser en : gisements stratifiés, type du Transvaal et placers.

M. Gautier étudie d'abord la question assez obscure de la venue de l'or dans la nature. On a fait beaucoup d'hypothèses à ce sujet; celle que l'or a pu venir à l'état de chlorure présente un certain degré de probabilité et l'auteur passe en revue les différents types de gisements en montrant comment leur minéralisation s'accorde avec l'hypothèse de la venue de l'or à l'état de chlorure.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 30 mars 1901.

Communication de M. Beutter sur **la compression de l'acier par tréfilage.**

Pour obtenir (après refroidissement) des blocs d'acier ou lingots absolument sains, on a essayé de pousser, après la fusion, le lingot dans

une lingotière conique et à l'y faire avancer comme dans le tréfilage de manière à le comprimer fortement sur ses faces latérales.

Les Aciéries de Saint-Étienne réalisent cette compression par l'emploi d'une presse de 1 000 *t* dont la description est donnée avec figures.

La compression du lingot doit se faire en prenant les précautions nécessaires pour :

1° Maintenir constamment le lingot plein et empêcher la formation de la poche de retassement;

2° Éviter le rejaillissement exagéré de l'acier hors de la forme primitive, perte de métal qui serait due à une trop grande vitesse de l'opération;

3° Tréfiler le lingot, surtout après solidification complète, pour lui donner, outre les qualités résultant de la compression pendant la solidification, toutes celles du métal forgé au rouge.

Pour satisfaire à ces conditions, il faut connaître la vitesse ascensionnelle qu'il convient de donner au piston de la presse; cette vitesse devant être variable, déterminer, en fraction du temps, la courbe de ces valeurs successives qui servira de guide à l'opérateur.

La note indique la manière de tracer cette courbe au moyen des données dont on dispose, savoir le retrait total de l'acier et le temps approximatif nécessaire pour le refroidissement du métal. La courbe ainsi obtenue est tracée sur un papier qu'on enroule sur le tambour d'un enregistreur et c'est elle qui permet de régler la marche de la compression. Une prochaine communication donnera les résultats obtenus sur le métal avec compression par tréfilage.

Communication de M. Pupat sur des **considérations pratiques sur les chaudières à vapeur.**

L'auteur expose quelques remarques pratiques qu'il a faites sur les chaudières à vapeur les plus répandues, lesquelles comprennent huit types différents, pris tant dans les chaudières à bouilleurs que dans les chaudières tubulaires et les chaudières avec eau dans les tubes. Il les examine au point de vue du rendement, de la circulation, de la production, des réparations, etc. Sa conclusion est que rien dans les nouveaux types de chaudières n'est venu accroître la vaporisation par kilogramme de combustible. Cette vaporisation est liée à un phénomène physique qui est intangible. Pour transformer 1 *kg* d'eau à 0 degré en 1 *kg* de vapeur à 100 degrés, il y a sur les 636 calories absorbées plus des 5/6 employées au changement d'état moléculaire. Tant que ce changement d'état ne sera pas facilité par un dispositif quelconque, l'augmentation de la vaporisation par kilogramme de houille brûlée ne pourra être obtenue.

Communication de M. Duclos sur **les intérêts français en Chine.**

L'auteur conclut que la France a tous les éléments pour prendre une part active à l'exploitation de la Chine, mais il faut pour cela que les initiatives individuelles trouvent les concours qui leurs sont indispensables; que les capitaux secouent leur apathie, ils auront plus de profit

à commanditer des entreprises françaises que des affaires étrangères, quand les manufacturiers français se donneront un peu plus le souci de profiter des débouchés qui leur sont offerts.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 17. — *27 avril 1901.*

Toueurs à vapeur pour la navigation du Haut-Mein, par Ed. Weiss.

Presse hydraulique à très haute pression et procédés d'emboutissage, par A. Riedler.

Les machines agricoles à la 14e exposition de la Société Allemande d'Agriculture, à Posen, par H. Gründke *(suite).*

Groupe de la Ruhr. — Chaudière et machine pour vapeur surchauffée.

Bibliographie. — Bases de la chimie inorganique, par W. Ostwald.

Revue. — Rayon d'action des navires de guerre. — Appareils hydrauliques pour l'exploitation des chemins de fer.

N° 18. — *4 mai 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Moteurs à explosion, par Fr. Freytag *(suite).*

Presse hydraulique à très haute pression et procédés d'emboutissage, par A. Riedler *(fin).*

Exposition universelle de 1900. — Machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Groupe du Rhin inférieur. — Une sphère en fonte flotte-t-elle sur un bain de fonte liquide et pourquoi?

Bibliographie. — Les clapets de pompes, par Otto H. Mueller.

Revue. — Turbine à vapeur compound de Seger. — Grue roulante pour la station électrique de force motrice à Hambourg. — Appareils pour charger le charbon à bord des navires dans le port de New-York.

N° 19. — *11 mai 1901.*

Expériences sur une machine à triple expansion de la fabrique de ciment de Portland de Misburg, près Hanovre, par H. Lorenz.

Dépense de courant d'une grue électrique de port, par G. Krautschopp.

Exposition universelle de 1900. — Moteurs à explosion, par Fr. Freytag *(suite).*

Installations de dessèchement de la ville de Hanau, par Ad. Mertz.

Supports de câbles électriques en fer et en bois, par J. Herzog et C. Feldmann.

Groupe de Cologne. — Les locomobiles.

Revue. — Marbre d'atelier de 6 × 38 *m.*

N° 20. — *18 mai 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Grue roulante avec commande électrique, par W. Müller.

Exposition universelle de 1900. — Navigation et éclairage des côtes, par A. Rudolph *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — Ponts et charpentes en fer, par C. Bernhard *(suite).*

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Machines soufflantes à moteur à gaz. — Progrès dans les procédés d'extraction du pétrole.

Groupe de Westphalie. — Le tunnel du Simplon.

Bibliographie. — La mécanique industrielle, par Ed. Autenrieth. — Les chemins de fer électriques, par M. Corsepius.

Revue. — Ascenseurs pour personnes à marche continue. — Locomotives pour chemins de fer électriques. — Yacht *Indépendance.*

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Architecture navale. Théorie et construction du navire, par H. Chaigneau, Ingénieur civil, membre de l'Association Technique Maritime (1).

Cet ouvrage est divisé en deux livres comprenant toutes les questions intéressantes de la stabilité statique et dynamique du navire, ainsi que la construction et la résistance des coques.

L'auteur a étudié les principaux systèmes de calculs de déplacement et stabilité employés dans les chantiers de construction navale. Il a passé en revue et clairement exposé les méthodes les plus récentes s'appliquant au calcul des carènes droites ou inclinées ; il cite les travaux de MM. Doyère, Benjamin Spence, Daymard, Tchebycheff, et autres Ingénieurs ou savants illustres.

Dans le chapitre I, il étudie la stabilité statique pour passer à la stabilité dynamique, définie dans le chapitre II : *Le travail moteur dépensé pour amener un navire d'une position à une autre position isocarène en le faisant tourner autour d'axes d'inclinaison et de direction constante.* Il rappelle, à ce sujet, les travaux de Moseley, Moreau, Duhil, Risbec et Guyon.

Puis il montre l'influence du franc bord sur la forme de la courbe de stabilité statique et il donne cette courbe pour plusieurs navires anglais.

Dans le chapitre III, il passe à des applications indiquant la manière de dresser pratiquement les plans et les tableaux des calculs de déplament et stabilité statique : il cite les travaux de Doyère, Kriloff, Tchebycheff, etc.

Le chapitre IV traite des mouvements oscillatoires, d'abord en eau calme, puis sur houle ; il cite les travaux de M. Bertin se rapportant à la théorie des mouvements ondulatoires de la mer ; de Poisson sur la proportionnalité de la résistance à la vitesse ; de Saint-Venant, Antoine, Risbec, etc. Il cite les expériences de sir William White sur l'influence des quilles latérales, et de Mr. Watts sur l'efficacité du lest liquide.

Dans le chapitre V, il examine les qualités nautiques ; il indique un appareil, le Nauthalassoscilloscope, dû à M. Marbec, montrant les mouvements absolus simultanés d'une houle donnée. Il étudie les lois du roulis et du tangage et donne des tableaux de durée et d'amplitude se rapportant à quelques navires connus.

Enfin, le chapitre VI traite de la résistance des carènes et de la propulsion par l'hélice. Il montre l'influence du frottement de l'eau sur la

(1) In-8° 230 × 140 de VII-412 p. avec 108 fig. et 8 pl. Paris, E. Bernard et Cie, 1901. Prix br. 12 fr.

marche du navire ainsi que celle de la résistance directe, des remous, etc. Les formes doivent être étudiées suivant la vitesse à obtenir : $\frac{L}{B} = 10$ doit être un maximum et les formes de l'AR doivent être aussi fines que celles de l'AV ; la courbe des aires doit présenter une courbure continue sans inflexion. Puis il passe au calcul de la puissance de la machine pour une vitesse donnée, et enfin, il termine le premier livre par une étude intéressante du gouvernail et de son action avec les formules de Joessel, de M. Thibaudier et de M. Godron,

Dans le livre II, l'auteur examine les proportions du navire et les conditions générales de la résistance des coques lorsqu'elles sont soumises aux efforts extérieurs et intérieurs qu'elles ont à subir par l'effet du roulis et du tangage ; il indique le rôle des barrots, varangues, murailles, épontilles, etc. ; les ponts en tôle s'opposent au mouvement de lacet, les goussets et les cloisons s'opposent à la dislocation transversale tout en supportant la pression de l'eau sur les murailles et sur les fonds.

Dans la section IV, il étudie la charpente du navire au point de vue de la résistance vive, il montre qu'une certaine élasticité des matériaux est nécessaire. A ce sujet, il examine les principaux phénomènes qui se produisent lors des différents essais mécaniques des matériaux de construction dont il donne les principales conditions de recette. Le chapitre II, section I, est consacré à l'étude des vagues de la haute mer : vitesse de translation, période d'oscillation, dimensions et profils.

La section II attaque la question classique du navire considéré comme poutre creuse, avec les calculs des moments fléchissant et tranchant et leur représentation graphique. Il montre que la détermination de ces moments revient à trouver les courbes intégrales première et seconde de la courbe différentielle donnée. Dans la section III, il passe à l'application de ces méthodes à un navire : 1° en eau calme ; 2° en marche sur mer houleuse ; il termine le chapitre II en montrant la nécessité d'une répartition judicieuse des matériaux ; le rapport du poids de ces derniers au déplacement varie autour de 0,30, en plus ou en moins, suivant la nature du navire, cuirassé ou torpilleur.

Le troisième chapitre est consacré aux sous-marins ; il en décrit la construction, examine les efforts qu'ils supportent, recherche les valeurs des forces extérieures et passe, dans la section III, aux calculs de la coque avec application, données numériques, tableau du calcul du moment d'inertie et courbes des moments fléchissants.

Le chapitre IV est consacré aux efforts dynamiques, traite de la cause de fatigue due aux oscillations en raison des forces d'inertie et il rappelle, à cette occasion, le principe général de d'Alembert : *Il y a équilibre, à chaque instant, entre les forces qui agissent sur un système en mouvement et les forces d'inertie des différents points de ce système.* Dans la section II, il examine les effets de la pesanteur apparente et montre clairement la différence des efforts qui peuvent être produits par un même poids suivant la place qu'il occupe à bord. La section III est relative au roulis considéré comme résultant de la superposition de deux

mouvements bien distincts, avec tableaux numériques se rapportant à cette question. La section IV traite du tangage. L'amplitude des grands tangages est, environ, un sixième de celle des grands roulis. Il donne également quelques tableaux numériques relatifs à ce sujet. Enfin et pour terminer, un court appendice contient les méthodes usuelles de quadrature et celle de Tchebycheff et donne les principales propriétés des courbes différentielles et intégrales dont M. l'Ingénieur de la marine Rossin a fait l'application aux divers problèmes de l'architecture navale

Cet ouvrage sera certainement consulté avec fruit par tous les Ingénieurs et Constructeurs spéciaux au point de vue pratique et surtout au point de vue théorique traité par l'auteur d'une façon très savante et pleine d'intérêt.

E. Duchesne.

L'Artillerie à l'Exposition de 1900 (1), par le colonel X...

Dans cet important ouvrage, un artilleur distingué, mais anonyme, nous permet de passer en revue les derniers progrès de l'artillerie, tels qu'ils ont paru à l'Exposition.

Beaucoup d'entre nous ont gardé le souvenir des visites de l'été dernier, où nous fûmes guidés par notre Président lui-même, M. Canet, infatigable, au milieu des merveilles exposées, parmi lesquelles les produits du Creusot, de Chatillon-Commentry, Saint-Chamond, nous consolaient partiellement de la main-mise de l'État sur l'industrie des armes de guerre.

L'auteur nous apprend qu'il n'en est pas ainsi en Angleterre. Citons :

» C'est ainsi (Vickers Maxim et C°), que se trouvent aujourd'hui constituées en Angleterre, grâce aux encouragements du Gouvernement, deux maisons d'une puissance hors de pair, travaillant en temps normal pour l'État comme pour l'étranger, et susceptibles en temps de crise, de lui prêter, pour ses armements, un concours *bien supérieur à celui que l'industrie française pourrait offrir au pays.* »

Cette affirmation prend une valeur particulière sous la plume d'un colonel d'artillerie qui sait les ressources de nos arsenaux, fonderies et forges de l'État.

Encore ceci, à propos des usines Vickers Maxim et C° :

« ... Sans être, comme tant d'usines officielles ou privées, encombré d'une série de machines motrices ou d'outils de types anciens, que l'on hésite à écarter des ateliers, où leur fonctionnement pénible et leur lenteur reviennent souvent plus cher que ne le ferait leur mise de côté. »

Que de mystères, derrière ces lignes, dont l'auteur a parcouru et commandé sans doute ces « usines officielles » où les profanes ne sont pas admis.

Ce travail contient une foule de photographies qui en rendent la lecture attrayante. Mais l'auteur s'abstient soigneusement de toute appré-

(1) In-4° de 166 pages avec 205 figures, Paris, Vve Ch. Dunod, 1901. Prix : broché 7 fr. 50.

ciation personnelle sur la valeur respective des systèmes dont il donne une description aussi minutieuse que dans les inappréciables « bouquins bleus » ou théories du soldat, si indigestes pour l'homme du monde, si utiles au moment du besoin. En aucun passage de l'ouvrage, nous ne trouvons un seul mot des prix de revient. Aucun détail de construction n'est oublié, mais nous avons terminé notre lecture sans avoir la moindre idée de ce que peut coûter une unité quelconque du matériel d'artillerie. Aussi bien, d'ailleurs, cela ne nous regarde-t-il qu'en ce qui concerne l'exportation.

On y consultera avec intérêt les détails de cette jolie mitrailleuse Maxim, que M. Canet avait fait fonctionner sous nos yeux, et qui tire 300 coups par minute. Puis, voici ce canon anglais « le plus puissant de tous ceux qui existent actuellement », qui lance un projectile de 285 *kg*, animé d'une vitesse de 840 *m*, ce qui représente une force vive de 12 000 tonnes-mètres à la bouche de la pièce, à rapprocher, comme curiosité, des 7 tonnes-mètres de la balle de la mitrailleuse.

Voici les canons Schneider-Canet, les coupoles et canons de Châtillon-Commentry-Saint-Chamond, des ateliers Hotchkiss de Saint-Denis, les canons à gaz, automatiques, nouveauté que l'auteur signale comme uue tendance, pour l'avenir. La pression des gaz de la poudre deviendrait utilisable pour la manœuvre automatique de la pièce. Voici l'affût Meller, avec frein au mercure au lieu de glycérine, ce qui réduit de dix fois l'amplitude du recul.

Puis viennent, toujours avec une profusion de photographies fort bien prises, les fermetures de culasse, les affûts de campagne, de siège, de côte, de bord, les tourelles, les canons automatiques, les mitrailleuses.

L'auteur, en raison de sa situation officielle, n'a pas cru pouvoir nous donner ses idées personnelles, et s'est contenté d'une nomenclature. Nous y perdons grandement, car il faut être très spécialiste pour se faire une idée personnelle sur ce chapitre, captivant pourtant pour tout Ingénieur, qui est généralement artilleur par occasion.

Malgré cette lacune, nous devons être très reconnaissants à l'auteur anonyme d'avoir réuni ces documents, qui constituent une mise à jour illustrée des derniers progrès de l'artillerie de tous les pays qui avaient exposé.

Marcel Delmas.

IIIe SECTION

Élaboration des métaux dérivés du fer : 1° Foyers métallurgiques ; 2° Réactions métallurgiques. — *Compte rendu bibliographique des deux Aide-Mémoire (collection Léauté)* de M. L. Gages.

1° *Foyers métallurgiques.*

Ce volume comprend quatre titres :

I. — Agents calorifiques.
II. — Foyers à chauffage direct.
III. — Fours à gaz.
IV. — Matériaux réfractaires.

Le premier titre classe les combustibles en deux catégories :

1° Les naturels, tels que bois, tourbe, houilles, pétroles ;

2° Les artificiels : charbon de bois, agglomérés, coke.

Il traite ensuite de l'utilisation rationnelle des combustibles et donne l'énoncé des lois de Dulong et de Welter.

Le second titre divise les foyers à chauffage direct en deux classes : ceux dans lesquels le combustible est en contact avec les matières en traitement : bas foyers, fours à cuve, cornues Bessemer ; et ceux dans lesquels le combustible est séparé des matières en traitement, qui se divisent en deux catégories : combustible solide (fours à réverbère et à galères), et combustible liquide (fours à pétrole).

Le troisième titre traite des fours à gaz fonctionnant, soit par la conductibilité, soit par l'utilisation du principe de la régénération de la chaleur : ce sont les fours Siemens avec leurs gazogènes et leurs régénérateurs, ainsi que les dérivés de ces fours : four Biedermann et Harvey, four Batho, four Kroupsky, pour les seconds, — et les fours Bicheroux, pour les premiers.

Enfin, le quatrième titre a pour objet les matériaux réfractaires, en les divisant en trois classes : acides, basiques, et neutres.

2° *Réactions métallurgiques.*

Les notions préliminaires rappellent que les réactions métallurgiques doivent, avant tout, être rémunératrices, indiquent les matières constituant l'apport métallique : fonte (méthode indirecte), minerai (méthode directe). Enfin elles définissent l'affinage pendant la période duquel se passent les principales réactions.

Le volume est divisé en trois titres :

I. — Métal élaboré à l'état pâteux.
II. — Métal élaboré à l'état liquide.
III. — Cémentation.

Le premier titre traite du puddlage et est divisé en deux chapitres :

1° Réactions de la sole et opératoires ;

2° Puddlé brut : ébauchés, leur classement, le corroyage.

Le second titre, divisé en quatre chapitres, décrit :

1° Les Bessemer, acide et basique, en en donnant la théorie opératoire, expliquant le rôle des additions et la détermination du point d'arrêt ;

2° Le procédé Martin-Siemens, en indiquant le scrap-process, l'ore process, la méthode des loupes et la marche en déphosphoration ;

3° Un chapitre est réservé aux différents modes de coulée, aux lingotières et aux aciers moulés ;

4° Enfin, le dernier chapitre traite des aciers spéciaux : emploi de l'aluminium contre les soufflures, aciers au chrome et au nickel, ainsi que des procédés récents : Darby, Bertrand-Thiel, Stockman, Rollet, fours oscillants et basculants.

Le troisième titre énumère dans son premier chapitre les théories relatives à la cémentation et les matières susceptibles de cémenter.

Le deuxième chapitre est consacré à la mise en œuvre des fers cémentés : acier poule corroyé et acier poule refondu au creuset.

Enfin, des tableaux donnant : 1° les températures des réactions ; 2° les types de composition des fontes ; 3° l'ordre d'élimination des éléments étrangers pendant l'affinage, terminent l'ouvrage.

Ces deux volumes, conçus sous forme didactique, sont cependant très clairs, faciles à lire et, par conséquent, très intéressants.

E. LE BLANT.

IVe SECTION

L'Année industrielle. — *Découvertes scientifiques et inventions nouvelles en 1900*, par MAX DE NANSOUTY (1).

L'Année industrielle parait depuis 1897 et passe en revue les faits les plus saillants de l'année dans le domaine de la science et de l'industrie. Le volume de 1900 que l'auteur a bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société fait naturellement une large part à l'Exposition de l'année dernière. On y retrouvera avec plaisir des indications pleines d'intérêt sur quantité d'objets qui ont appelé l'attention au Champ-de-Mars ou à Vincennes, et sur d'autres qui, moins en vue, méritent néanmoins d'être signalés. Une rédaction où l'auteur n'a pas ménagé son esprit si apprécié, et beaucoup d'illustrations rendent la lecture de cet ouvrage facile et agréable. Aussi ne doutons-nous pas que ce volume n'ait le succès des précédents.

L'auteur voudra donc bien nous permettre une légère critique qui n'a d'autre source que la considération que nous avons pour ce qui sort de sa plume.

Nous regrettons de retrouver dans les pages que nous avons parcourues de vieux clichés (au figuré) qui devraient être remisés depuis longtemps, de même que quelques appréciations inexactes. En voici deux exemples : « Le cheval-heure de traction, produit dans une station centrale, n'emploie que 40 0/0 du combustible que gaspillent littéralement les meilleurs types de locomotives à vapeur; résultat final 80 0/0 d'économie ». « La pression de la vapeur a beaucoup augmenté ; on timbre les chaudières de locomotives à 10 et même 13 *kg*, ce qui eût fait, à juste titre, frémir les constructeurs de la première heure ». On rencontre aujourd'hui sur les locomotives des pressions de 15 et 16 *kg*. Il y a quelques mois, un savant académicien, un peu trop en avance, leur faisait même honneur de pressions courantes de 20 et 25 *kg*.

Ces *lapsus*, n'ôtent rien à la valeur de l'ouvrage que nous présentons. Nous ne les signalons que pour appeler l'attention sur la nécessité de corriger soigneusement les ouvrages destinés surtout à un public peu

(1) In-16, 205 × 140, de 266 p., Félix Juven, éditeur, 122, rue Réaumur, Paris, Prix : br. 3 fr. 50.

compétent. Des erreurs du genre de celles-ci sont rectifiées immédiatement par des lecteurs du métier.

Le titre de l'ouvrage « Année industrielle » est d'ailleurs plutôt modeste, car nous pouvons signaler dans son contenu une partie tout à fait scientifique, celle qui traite de l'astronomie, de la météorologie et de la géodésie.

A. MALLET.

Les matières colorantes naturelles (1), par V. Thomas.

M. V. Thomas, préparateur de chimie appliquée à la Faculté des Sciences de Paris, a fait paraître dans l'Encyclopédie Scientifique des aides-mémoires, Section de l'Ingénieur, un petit volume sur « Les matières colorantes naturelles ». Cette étude s'adresse, à notre avis, plus au chimiste qu'à l'ingénieur; de nos jours la chimie des matières colorantes artificielles a pris une telle extension dans tous les pays, surtout en Allemagne, que les matières colorantes naturelles ont été reléguées au second plan, bien que leur emploi remonte à la plus haute antiquité.

Résumant les travaux exécutés au commencement du siècle dernier par Chevreul, et, surtout dans les trente dernières années notamment en Allemagne et en Autriche par Friedlaender et Kostanecki, par Perkin en Angleterre et Schützenberger en France, M. Thomas passe en revue les matières colorantes jaunes appartenant aux trois groupes chimiques de la cétone, de la xanthone et de la flavone.

Après avoir traité des généralités sur les trois groupes, il étudie en particulier chacune des matières colorantes, tant au point de vue de la préparation que de l'emploi.

Les personnes que les formules de chimie organique n'effraieront pas trouveront une étude intéressante au point de vue théorique, la partie pratique étant peu importante.

Nous devons féliciter M. Thomas d'avoir fait usage, comme on le fait déjà depuis longtemps en Allemagne, des formules développées en chaîne, cette méthode rendant beaucoup plus claire l'étude de la chimie organique.

Paul BESSON.

L'essai sur la théorie générale de la monnaie (2), que M. Albert AUPETIT, vient de publier à la librairie Guillaumin et C[ie], est un ouvrage de haute science.

M. Aupetit pense, comme M. Walras, qu'il ne faut pas s'obstiner à exprimer très péniblement et très incorrectement, comme l'a fait souvent Ricardo, comme le fait à chaque instant J. Stuart Mill, dans ses *Principes d'économie politique*, en se servant de la langue usuelle, des choses qui, dans la langue des mathématiques, peuvent s'énoncer en bien moins de mots, d'une façon plus exacte et plus claire.

(1) In-8° 190×120, de 180 p. Paris, Gauthier-Villars, 1901. Prix : broché, 2 fr. 50.
(2) In-8° 250×165, de 297 p. Paris, Guillaumin et C[ie], 1901. Prix broché, 10 francs.

L'ouvrage comprend deux parties : Économique rationnelle et Économique expérimentale.

L'Économique rationnelle commence par donner quelques définitions destinées à établir les liens entre les déductions de l'auteur comme cela a lieu pour toutes les sciences. J'indique rapidement ces définitions afin de donner une idée de la méthode suivie par les économistes mathématiciens.

L'*homo œconomicus* est une abstraction qui définit un être à la fois producteur et consommateur de richesses, agissant invariablement dans le sens de son intérêt le mieux compris.

Tout objet, dont la consommation satisfait un besoin quelconque de l'homme, est dit un *bien économique*. Cette propriété de servir les besoins humains s'appelle l'*utilité*.

Parmi les biens économiques, les uns disparaissent dès qu'un homme les consomme, ils ne servent qu'une fois et leur utilité ne survit pas au premier usage ; ce sont les biens consommables ou marchandises. D'autres biens économiques, au contraire, sont d'inépuisables sources d'utilité en ce sens qu'ils survivent aux usages successifs dont ils peuvent être l'objet, qu'ils satisfont plusieurs fois le même besoin se renouvelant dans la durée : ce sont les capitaux. L'usage ou service de ces capitaux constitue lui-même un bien économique de la première catégorie, disparaissant à l'usage, mais avec cette double particularité : 1° qu'il est inséparable de l'idée de temps et que sa grandeur ne peut être appréciée qu'en fonction de la durée ; 2° qu'il faut distinguer parmi les services ceux qui sont consommables, c'est-à-dire susceptibles de satisfaire par l'usage direct les besoins humains, et ceux qui sont producteurs, c'est-à-dire utiles à l'homme par l'intermédiaire seulement des biens consommables qu'ils concourent à lui procurer. Les biens économiques se trouvent ainsi classés en quatre classes : *capitaux*, *services producteurs*, *services consommables*, *produits ou marchandises*.

L'*intensité du besoin* qu'un individu éprouve de tel bien consommable, à un instant donné, varie suivant la quantité du même bien déjà consommé à l'instant considéré : l'homme qui a soif a moins de plaisir à boire un second verre d'eau que le premier.

Pour un individu quelconque et une marchandise quelconque, l'intensité du besoin éprouvé est une fonction définie de la quantité consommée. Nous ne connaissons pas la relation précise qui lie la fonction à la variable, l'intensité du besoin survivant à la quantité précédemment consommée, mais, à toute valeur de la seconde, nous admettons que correspond une valeur déterminée de la première ; cela suffit pour écrire suivant la notation générale et symbolique de Lagrange :

$$\beta = \varphi(q),$$

q désignant les valeurs de la quantité consommée à un instant donné et β les valeurs correspondantes de l'intensité du besoin restant.

On suppose que la quantité q est susceptible de variations continues aussi petites que l'on veut et que β est une fonction continue qui ne peut passer d'une valeur à une autre sans prendre toutes les valeurs intermédiaires.

La fonction : $\beta = \varphi(q)$

présente trois caractères importants :

1° Pour un même bien économique, sa forme varie suivant les individus considérés ;

2° Pour un même individu, la relation n'est pas la même pour tous les biens économiques ;

3° Dans l'état de nos connaissances, les différentes formes de la fonction β sont toujours indéterminées.

L'*utilité élémentaire* d'un bien économique déterminé est établie par la relation :

$$\omega = \varphi(q)dq,$$

et l'utilité totale sera :

$$\Omega = \int_{q_0}^{q_1} \varphi(q)dq.$$

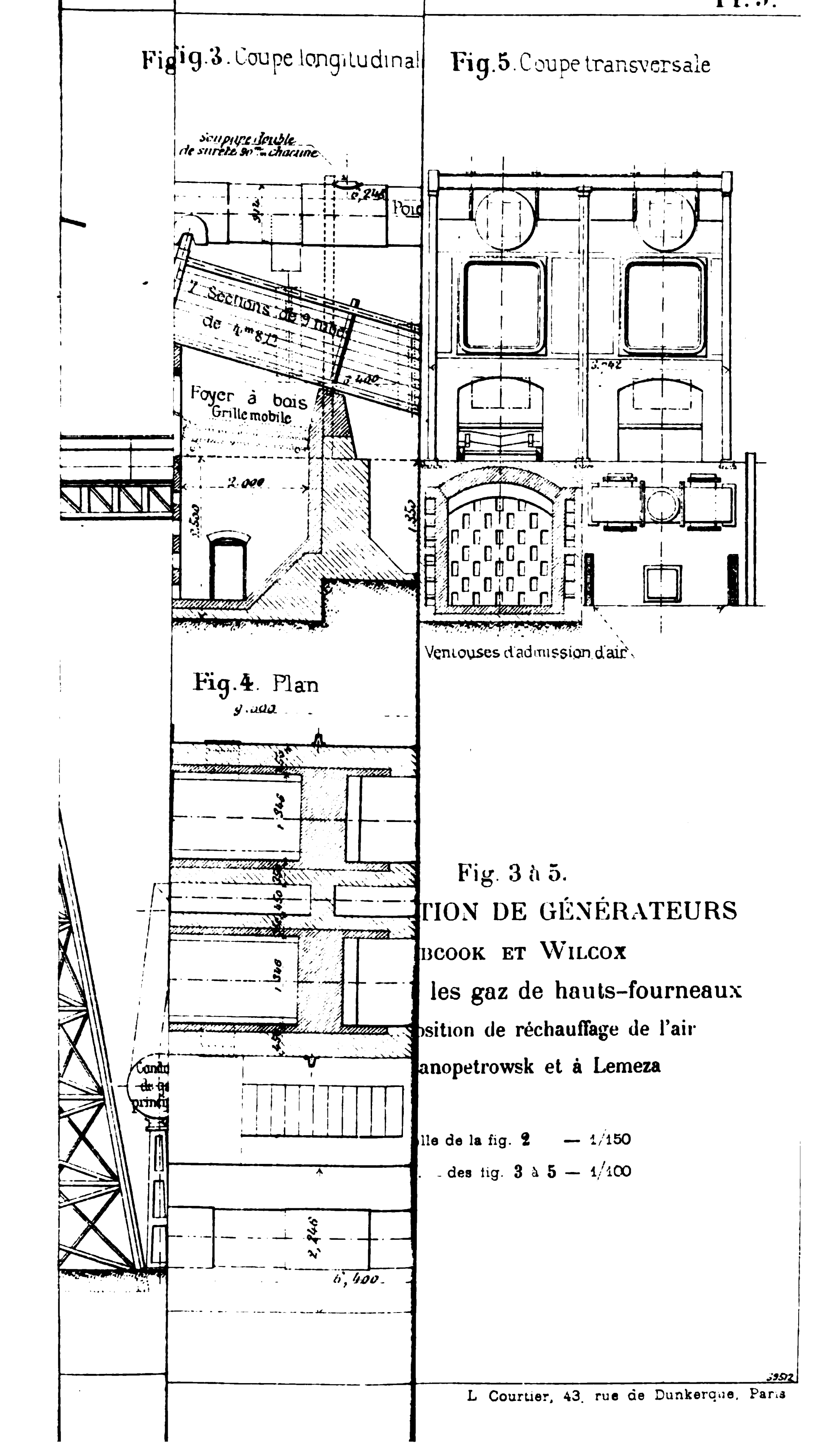
Il serait très intéressant de suivre l'auteur dans ses calculs pour voir comment, en partant de ces données, il parvient à démontrer les lois qui régissent la monnaie, sa fonction dans les échanges et l'épargne, mais cela entrainerait trop loin.

La seconde partie, l'Économique expérimentale, démontre la parfaite concordance qui existe entre les déductions de l'Économique rationnelle et les faits de la pratique. Cette partie est très intéressante, surtout à cause des documents produits par l'auteur sur la statistique monétaire.

G. Féolde.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 9358-4-01. — (Encre Lorilleux).


Pl. 5.
Fig. 3. Coupe longitudinal
Fig. 5. Coupe transversale
Soupape double de sûreté 90m/m chacune
7 Sections de 9 tubes de 4m822
Foyer à bois
Grille mobile
2.000
Ventouses d'admission d'air
Fig. 4. Plan
Fig. 3 à 5.
TION DE GÉNÉRATEURS
BCOOK ET WILCOX
les gaz de hauts-fourneaux
sition de réchauffage de l'air
anopetrowsk et à Lemeza
lle de la fig. 2 — 1/150
. des fig. 3 à 5 — 1/100
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1901

N° 6

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de Juin 1901, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Ministère de l'Agriculture. Bulletin (annexe). Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistiques. Rapports. Fascicule Y (in-8°, 280 × 185, de 272 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1901. 40925

Chemins de fer et Tramways.

Compagnie du chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 29 avril 1901. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale (in-4°, 270 × 215, de 120 p.). Lille, L. Danel, 1901. 40916

GALINE (L.). — *Exploitation technique des chemins de fer*, par L. Galine (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 135 × 125, de x-704 p., avec 309 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40955

MEULEN (M. DE). — *La locomotive. Le matériel roulant et l'exploitation des voies ferrées*, par Marc de Meulen (in-8°, 270 × 180, de XIV-259 p., avec 53 fig.). Paris, Firmin-Didot et Cie, 1889 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40938

Note sur le rail Francq, nouveau système (in-8°, 235 × 155, de 6 p., avec 1 pl. autogr.) (Don de M. L. Francq, M. de la S.). 40970

SCHŒLLER (A.) et FLEURQUIN (A.). — *Chemins de fer. Exploitation technique*, par A. Schœller et A. Fleurquin (Encyclopédie industrielle fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165, de VII-408 p., avec 109 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1901 (Don de M. A. Schœller, M. de la S., et de M. A. Fleurquin). 40932

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1899. Documents principaux (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 310 × 230, de VI-513 p., avec 2 cartes). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 40923

Chimie.

CADET (J.) et RODICQ (G.). — *Analyses nécessaires au chimiste-métallurgiste, suivies d'une Méthode générale d'analyse qualitative et d'une Étude des travaux pratiques effectués dans un laboratoire*, par Joseph Cadet et Georges Rodicq (in-8°, 250 × 165, de 145 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et fils, 1901 (Don de l'éditeur). 40935

MOISSAN (H.) et DUPONT (F.). — *IVe Congrès international de chimie appliquée. Compte rendu sommaire*, par MM. Henri Moissan et François Dupont (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition Universelle de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 280 × 180) de 102 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1901 (Don de M. François Dupont, Secrétaire général du Congrès). 40924

Construction des Machines.

Association Alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1900. Trente-troisième année (in-8°, 280 × 190, de 61 p., avec 3 pl.). Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1901. 40961

HACHETTE. — *Traité élémentaire des machines*, par M. Hachette (in-4°, 260 × 200, de XVI-481 p., avec 26 pl.). Quatrième édition revue et augmentée. Paris, Corby, 1828 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40939

La Mécanique à l'Exposition de 1900. 11e livraison. Septième livraison dans l'ordre d'apparition. Mécanique de la Forge, par Gérard Lavergne (in-4°, 320 × 325, de 56 p., avec 48 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, avril 1901 (Don de l'éditeur). 40927

LEDIEU (A.). — *Nouvelle théorie élémentaire des machines à feu et plus spécialement des machines à vapeur ordinaire et compound, d'après la théorie dynamique expérimentale*, par A. Ledieu (in-8°, 250 × 165, de VI-742 p.). Paris, Dunod, 1899 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40943

REECH (F.). — *Mémoire sur les machines à vapeur et leur application à la navigation*, présenté à l'Académie Royale des Sciences, pour le Concours du prix à décerner en exécution d'une Ordonnance Royale du 13 novembre 1834, par M. Reech (in-4°, 280 × 225, de 188 p.). Paris, Arthus Bertrand, 1844 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40941

REECH (F.). — *Rapport à l'appui du projet des machines du Brandon* dressé en exécution d'une dépèche du 6 août 1842, par M. Reech (in-4°, 280 × 225, de 120 p., avec 4 pl.). Paris, Arthus Bertrand, 1844 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40942

WRONSKI (H.). — *Machines à vapeur. Aperçu de leur état actuel sous les points de vue de la mécanique et de l'industrie, pour conduire à la solution accomplie du problème que présentent ces machines, avec un Supplément donnant la théorie mathématique rigoureuse des machines à vapeur fondée sur la nouvelle théorie générale des fluides*, par Hoené Wronski (in-4°, 270 × 220, de 51 p.). Paris, Jules Didot l'aîné, 1829 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40940

Économie politique et sociale.

Chambre de Commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1900 (in-4°, 250 × 190, de 473 p.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1901. 40968

Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale ordinaire et extraordinaire du 29 avril 1901. Rapports du Conseil d'administration. Bilan. Tableaux comparatifs des divers Services de la Compagnie pendant les deux derniers exercices (in-4°, 310 × 240, de 70 p., avec 14 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1901. 40934

Électricité.

BLONDEL (A.). — *Moteurs synchrones à courants alternatifs*, par André Blondel (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120, de 243 p., avec 71 fig.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie (Don de l'éditeur). 40917

MINET (AD.). — *Traité théorique et pratique d'Electro-métallurgie. Galvanoplastie. Analyses électrolytiques. Electro-métallurgie par voie sèche. Electro-thermie. L'Electro-chimie en 1900*, par Adolphe Minet (in-8°, 250 × 155, de VI-595 p., avec 205 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1901 (Don de l'éditeur). 40972

SENCIER (G.) et DELASALLE (A.). — *Les automobiles électriques*, par Gaston Sencier et A. Delasalle, avec une Préface de Charles Jeantaud (in-8°, 250 × 165, de VII-390 p., avec 192 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40969

Enseignement.

Annual Calendar of Mc Gill College and University Montreal. Session 1901-1902 (in-8°, 215 × 145, de XXXII-344 p.). Montréal, 1901. 40952

École spéciale d'Architecture. Concours de sortie de 1901. 1re Épreuve. Projet. Le Pavillon du Maître (une feuille, 275 × 220, de 4 p.). Paris, Delalain. 40928

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Field Columbian Museum. Publication 52. Report Series. Vol. 1, n° 6. Annual Report of the Director to the Board of Trustees for the year 1899-1900 (in-8°, 255 × 160, pages 427 à 512). Chicago, U.S.A. October, 1900. 40958

Législation.

Association internationale pour l'essai des matériaux. Congrès de Budapest, 1901. Rapport du Président de la Commission 21, sur l'élaboration d'un nouveau projet de statuts (Renvoyé du Congrès de Stockholm, 1897) (in-8°, 225 × 155, de 12 p.). Zurich, A. Markwalder, 1901. 40921

Association internationale pour l'essai des matériaux. Statuts. État nominatif des Membres et Liste des problèmes techniques (Clôturé le 1er avril 1901) (in-8°, 225 × 155, de 115 p.). Zurich, F. Lohbauer, 1901. 40920

The Institution of Mechanical Engineers. List of Members February, 1901. Articles and By-Laws (in-8°, 215 × 140, de 186 p.). 40959

Métallurgie et Mines.

Comité des Forges de France. Annuaire 1901-1902 (in-8°, 200 × 180, de 384 p.). Paris, 32, boulevard Haussmann. 40919

Gold and Silver Milling. Catalogue n° 4. Code Wird Asperula. Tenth Edition. Fraser and Chalmers, Chicago. London (in-8°, 230 × 155, de 320 p.). Chicago, Rogers and Smith C°. 40933

Haarlemsche Machinefabriek, ci-devant Figee frères. Grues, suceuses, dragues pour l'exploitation des terrains aurifères (Album, 225 × 305, de 42 p.). Amsterdam, de Bussy. 40964

OBALSKI (J.). — *Département de la Colonisation et des Mines. Opérations minières dans la province de Québec pour l'année 1900. Se rattachant au Rapport annuel du département pour l'année fiscale 1899-1900*, par J. Obalski (in-8°, 250 × 170, de 39 p.). Québec, Mars 1901. 40922

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BONNEFOUX (B[on] de) et PARIS. — *Dictionnaire de marine à voiles et à vapeur*, par MM. le baron de Bonnefoux et Paris, publié sous les auspices de M. le vice-amiral baron de Mackau. *Marine à vapeur* (in-8°, 285 × 170, de VIII-776 p., avec 10 pl.). Paris, Arthus Bertrand (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40944

Junta de Obras del Puerto de Bilbao. Memoria que manifiesta el estudo y progreso de las obras de mejora de la Ria de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos en el periodo comprendido entre 1° de Julio de 1899 y el 31 de Diciembre de 1900 (in-4°, 270 × 210, de 95 p.). Bilbao, Ezequiel Rodriguez, 1901. 40962

MENGHIUS (C.-M.). *Tirols Wasserkräfte und deren Verwertung.* Eine Studie von C.-M. Menghius. Herausgegeben von den Handels und Gewerbekammern in Tirol (in-8°, 200 × 140, de 36 p., avec 1 carte). Innsbruck, 1901 (Don de la Chambre de Commerce Austro-Hongroise de Paris). 40960

Principauté de Monaco. Travaux d'enrochements pour la construction d'une jetée. Projet, Devis et cahier des charges, Bordereau des prix, Détail estimatif (in-4°, 315 × 215, de 18 p.). Imprimerie de Monaco, 1901. 40957

Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey showing the Progress of the Work from July 1, 1898 to June 30, 1899 (in-4°, 290 × 230, de 964 p., avec 2 cartes). Washington, Government Printing Office, 1900. 40963

SEGUIN (Aîné). — *Mémoire sur la navigation à vapeur*, lu à l'Institut le 26 décembre 1826, par Seguin aîné (in-4°, 275 × 215, de 29 p., avec 1 pl.). Paris, chez Bachelier, 1828 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40945

Routes.

ROUX (O.). — *Routes et chemins vicinaux*, par O. Roux (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 135 × 125, de IX-579 p., avec 275 fig.). Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 40956

Sciences mathématiques.

CILLEY (F.-H.). — *Some Fundamental Propositions in the Theory of Elasticity. A Study of the primary or self-balancing Stresses*, by Franck H. Cilley (From the American Journal of Science, Vol. XI, April 1901) (Don de l'auteur). 40926

SIMONOT. — *Fatigue des tuyautages de vapeur produite par leur dilatation à chaud*, par M. Simonot (in-8°, 280 × 190, pages 145 à 175). Paris, R. Chapelot et C[ie] (Don de l'auteur). 40965

SIMONOT. — *Influence des dimensions transversales des pièces d'acier sur les résultats obtenus par la trempe. Conséquences au point de vue du rivetage*, par M. Simonot (in-8°, 280 × 190, pages 33 à 48). Paris, R. Chapelot et Cie (Don de l'auteur). 40966

Sciences morales. — Divers.

Mémoires de la Société académique d'Agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube. Tome LXIV de la collection. Année 1900 (in-8°, 250 × 160, de 476 p.). Troyes, Paul Nouel. 40967

TARBÉ DE SAINT-HARDOUIN (F.-P.-H.). — *Notices biographiques sur les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, depuis la création du Corps en 1716 jusqu'à nos jours*, par F.-P.-H. Tarbé de Saint-Hardouin (Encyclopédie des Travaux publics fondée en 1884, par M.-C. Lechalas) (in-8°, 245 × 165, de 276 p.). Paris, Baudry, 1884 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40946

Technologie générale.

BENOIT (J.-R.). — *De la précision dans la détermination des longueurs en métrologie*, par J.-René Benoit (Rapport présenté au Congrès international de Physique, réuni à Paris en 1900, sous les auspices de la Société française de Physique) (in-8°, 250 × 165, de 48 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40937

BENOIT (J.-R.) et GUILLAUME (CH.-ED.). — *Nouvelles déterminations des mètres étalons du Bureau International*, par M. J.-René Benoit et M. Ch.-Ed. Guillaume (Extrait du tome XI des Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures) (in-4°, 320 × 245, de 31-LVI p.). Paris, Gauthier-Villars, 1895 (Don de M. J.-R. Benoit, M. de la S.). 40936

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'Invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso, 1899. 4e partie, 287 171 à 287 981* (in-8°, 245 × 160). Paris, Imprimerie nationale, 1901. 40954

FIGUIER (L.). — *Les Merveilles de la Science ou Descriptions populaire des Inventions modernes*, par Louis Figuier. Tomes I à IV (4 vol. in-8°, 295 × 200). Paris, Furne, Jouvet et Cie, 1867 à 1870 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40948 à 40951

Journal officiel illustré de l'Exposition nationale Suisse. Genève, 1896 (in-f°, 395 × 290, de 601 p.). Genève, Imprimerie Suisse (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 40947

La Grande Encyclopédie, Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts, par une Société de savants et de gens de lettres. *Tome vingt-neuvième. Saavedra-Sigillaires* (in-8°, 310 × 210, de 1.200 p.). Paris, Société de la Grande Encyclopédie. 40915

Society of Engineers. Transactions for 1900 and General Index 1857 to 1900 (in-8°, 225 × 190, de 310 p. avec pl.). London, E. and F. N. Spon, 1901. 40918

Travaux publics.

Annual Report of the Street Department of the City of Boston for the year 1900 (in-8°, 235 × 150, de 254 p. avec illust.). Boston, Municipal Printing Office, 1901. 40971

Communications présentées devant le Congrès International des Méthodes d'essai des matériaux de construction, tenu à Paris, du 9 au 16 juillet 1900. Tome I. Études générales. Tome II. Première partie. Métaux. Tome II. Deuxième partie. Matériaux autres que les métaux (3 vol. in-4°, 335 × 225, de 536 p., avec 14 pl.; 350 p., avec 6 pl.; et 209 p., avec 9 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901. Don de M. Debray, Secrétaire général du Congrès). 40929 à 40931

Notice sur les pavés d'asphalte comprimé. Fabrication et mode d'emploi. Pavés spéciaux pour chaussée à compression égale sur les deux faces. Société civile des Mines de bitume et d'asphalte du Centre (in-8°, 270 × 175, de 16 p.). Paris, 5, Cité du Cardinal-Lemoine. 40953

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Sont admis comme Membres sociétaires, MM. :

G. Alfassa,	présenté par MM.	Brüll, Manoach, Pontzen.
P.-L. Goldschmidt,	—	Cahen-Strauss, Pontzen, Soreau.
A. Karcher,	—	Compère, Ostermann, Schwoerer.
P. Martinod,	—	P.-L. Chateau, Perreau, de Dax.
J. Sengeisen,	—	Pictet, Mallet, de Dax.
L. Veyron,	—	Bonneville, Cathelin, P. Regnard.
C.-F.-Ph.-G. Cte Vitali,	—	du Bousquet, Chenut, Level.
J.-H.-Ch. Wittmann,	—	Flicoteaux, Laurent, Limousin.

Comme Membres associés, MM. :

E.-J. Buisson,	présenté par MM.	G. Béliard, G. Chevalier, Gallais.
J.-H. Malinge,	—	Bessonneau, Gilliard, Roncin.
V.-G. Senac,	—	G. Béliard, G. Chevalier, Gallais.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1901

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 JUIN 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître les noms de ceux de nos collègues décédés depuis la dernière séance. Ce sont :

M. N.-A. Bonnefond, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Aix (1863). A été Ingénieur des ateliers aux Chemins de fer du Nord de l'Espagne, Administrateur de la Société de Construction des Batignolles, Chevalier de la Légion d'Honneur. Membre de la Société depuis 1883 ;

M. E. Caplen, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1853). Membre de la Société depuis 1880. A été attaché au service du matériel et de la traction des Chemins de fer d'Orléans, Ingénieur Civil ;

M. C. Milinaire, Membre de la Société depuis 1884. Ingénieur Constructeur ;

M. P.-P. Ruchonnet, ancien Élève de l'École Centrale (1887). Membre de la Société depuis 1894. Ingénieur Civil.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

M. J.-B.-L. Vidal-Beaume a été nommé Officier du Mérite Agricole ;

MM. E. Despas et G. Lefebvre-Albaret ont été nommés Officiers d'Académie ;

M. Paul Fleury a été nommé Commandeur du Medjidié ;

M. A. de Dax a été nommé Chevalier de l'Ordre de Léopold de Belgique ;

M. E. Soupey a été nommé Chevalier de l'Ordre de Charles III d'Espagne ;

M. le Président adresse les félicitations de la Société à nos Collègues.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste figurera dans un prochain Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT communique à la Société les avis suivants :

1° Le Congrès de l'Association Française pour l'avancement des Sciences se tiendra à Ajaccio, du 8 au 14 septembre prochain ;

2° Le Congrès des Sociétés Industrielles techniques et savantes, organisé par la Société Industrielle de Rouen, aura lieu dans cette ville le 19 août prochain, et durera sept jours ;

3° Le Gouvernement Général de la Principauté de Monaco a adressé à la Société une lettre accompagnant l'envoi du cahier des charges relatif à l'adjudication des travaux de construction d'une jetée de port à Monaco ;

4° Notre Collègue M. E. Cacheux, Commissaire Général de la Section Française de l'Exposition Internationale d'hygiène, de sécurité maritime et de pêche, nous a adressé le programme de cette Exposition qui doit se tenir à Ostende (Belgique), du 10 août au 30 septembre 1901.

M. Cacheux nous a également fait parvenir le règlement du Congrès International de pêche et de pisciculture qui doit avoir lieu à Saint-Pétersbourg, du 4/17 mars au 9/22 mars 1902.

Les documents se rapportant à ces divers avis sont déposés au Secrétariat, à la disposition de ceux de nos Collègues qu'ils peuvent intéresser.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Raoul Pictet sur l'*Oxygène industriel. — Les nouveaux procédés de fabrication. — Expériences pour démontrer la liquéfaction de l'air atmosphérique, sa distillation et l'emploi de ses constituants.*

M. Raoul PICTET rappelle tout d'abord que l'oxygène est un des gaz industriels des plus importants, puisque c'est lui qui donne la vie à toutes les combustions et s'associe à presque tous les corps dans des combinaisons spéciales. L'oxygène, qui entre pour 21 0/0 dans la masse immense de l'air atmosphérique du globe terrestre, est simplement mélangé à l'azote et à une faible proportion de CO^2, et il semblerait que la séparation de ce corps soit des plus aisées.

Rappelant les expériences faites à ce sujet depuis plus de trente ans, M. Pictet indique que, depuis les travaux sur la liquéfaction de l'air, la question a fait un grand pas, mais se trouve entravée, toutefois, par le coût énorme des expériences sur la liquéfaction des gaz permanents, tels que l'oxygène et l'azote, qui ne s'obtient à la pression atmosphérique qu'à des températures de — 183° C. pour l'oxygène et — 195° pour l'azote.

Cette différence de 12° qui, *a priori*, ne semble rien, est au contraire très importante et correspond, comme l'indique la théorie mécanique de la chaleur, à une différence de près de 40° dans les températures

voisines de 100°; c'est sur cette différence de température de distillation qu'est basé le système dont M. Pictet expose à la Société les grandes lignes, et qui comporte les points principaux suivants :

Si l'on suppose qu'on ait à sa disposition une certaine quantité d'air liquide, on peut l'utiliser pour obtenir théoriquement une quantité infinie d'oxygène de l'air atmosphérique, et cela, avec un travail et une dépense faibles; ensuite, corrigeant les vues théoriques par l'adaptation exacte des formules aux conditions réelles de la pratique, on pourra déterminer la quantité d'oxygène industriel qu'on peut obtenir dans des conditions de qualité et de prix bien connus d'avance.

Les appareils employés sont : un *échangeur* de chaleur entre la masse d'air liquide et de l'air faiblement comprimé enfermé dans un long serpentin; un deuxième serpentin, noyé dans le liquide, suit le premier et se déverse dans le réservoir qui contient l'air liquide; le gaz qui émettra cet air liquide serait astreint à s'échapper en léchant la surface de l'échangeur dans une direction inverse de l'arrivée des gaz comprimés.

Dans la pratique, il faut sécher l'air pour éviter les obstructions de glace; il faut le nettoyer des poussières et des germes qu'il contient; quant à la compression, elle est obtenue par une pompe ordinaire, puisqu'elle ne dépasse pas 2 à 3 *atm.*

L'appareil liquéfacteur industriel comprend dix plateaux à serpentins analogues aux appareils à distiller, et l'on recueillera successivement sur ces plateaux différents liquides : mélanges d'oxygène et d'azote, azote liquide, oxygène liquide; une très grande analogie s'établit ainsi entre la distillation du mélange d'oxygène et d'azote, qui constituent l'air et le mélange d'eau et d'alcool dans la distillerie ordinaire.

Quant à l'acide carbonique, il est solidifié dans l'opération, et l'on obtient un liquide blanchâtre par suite de la présence des aiguilles d'acide carbonique solide. On sépare celui-ci dans un filtre spécial placé au-dessus de l'appareil.

En pratique, trois gazomètres sont suffisants : un pour l'azote à 90 0/0 de pureté, l'autre pour l'oxygène à 50 0/0 de pureté, et le troisième réservé à l'oxygène presque pur; un système de tiroirs permet d'envoyer à l'un des gazomètres les produits de l'un quelconque des plateaux de distillation, de façon à recueillir un mélange de gaz, de la composition qu'on désirera.

En raison du cycle distillatoire réalisé dans l'appareil, les dépenses se réduiront au desséchement de l'air à — 40° environ après une compression à 2 ou 3 *atm* et aux pertes par rayonnement; or, la théorie mécanique de la chaleur permet de suivre chaque phase de l'opération et de noter son équivalence.

Nous avons vu qu'une certaine quantité d'air liquide était nécessaire pour amorcer l'appareil séparateur de l'oxygène et de l'azote; pour obtenir cette première quantité d'air, M. Pictet utilise les cycles successifs de divers liquides volatils, qu'il a dénommés le principe des cascades des températures; il emploie des évaporateurs et condensateurs sous pression utilisant l'ammoniaque, le chlorure de méthyle, un mélange de SO^2 et de CO^2, enfin le CO^2 pur; on a ainsi sûrement les

températures de — 80°; le protoxyde d'azote ou l'éthylène comprimé et refroidi par le premier liquide, permet d'atteindre le point critique de l'air entre — 121° et — 141°. Enfin, il utilise la détente de l'air sec à une pression de 50 *atm* dans une turbine spéciale, qui permet de refroidir le liquide et les gaz d'une façon adiabatique, en récupérant une partie du travail moteur fourni par le compresseur, de sorte qu'avec une puissance de 100 *ch*, on obtient 115 à 130 litres d'air liquide par heure.

M. Pictet rappelle qu'il a démontré, en 1868, que le travail absorbé dans les compresseurs est représenté par la formule :

$$T = QE \frac{t' - t}{t},$$

dans laquelle Q représente des frigories, c'est-à-dire les calories enlevées au réfrigérant et portées dans le condenseur.

Cette formule donne pour le travail consommé, par le refroidissement de 1 *kg* d'air à l'état gazeux et sa liquéfaction à — 194°5, un travail de 121 651 *kgm*, soit 2 litres d'air liquide par cheval-heure.

Passant ensuite aux calculs de prix de revient du mètre cube d'oxygène industriel, M. Pictet présente un aperçu d'ensemble de cette question duquel il résulterait que le prix de l'oxygène industriel pourrait être abaissé, à 1/2 centime le mètre cube pour l'oxygène mélangé d'azote, et à 1,3 centime le mètre cube pour l'oxygène pur.

La fabrication industrielle de l'oxygène a été réalisée par M. Pictet. au moyen de son procédé, dans une usine qui va fonctionner incessamment à Manchester, en Angleterre, et pour laquelle les débouchés suivants semblent assurés :

1° La métallurgie doit employer l'oxygène dans les hauts fourneaux et les convertisseurs, ainsi que pour la forge et la soudure des pièces de construction métallique au moyen du chalumeau à oxygène;

2° La chimie emploiera l'oxygène pour la fabrication de certains procédés, et notamment pour l'obtention des gaz à l'eau;

3° L'éclairage, soit au moyen de gaz à l'eau, soit au moyen de l'acétylène, augmente, dans une forte proportion, la puissance éclairante des flammes par l'emploi de l'oxygène;

4° Enfin, au point de vue de l'hygiène, l'utilisation de ce gaz vivifiant. dans les villes, les écoles, les hôpitaux, est tout à fait indiquée.

M. Pictet conclut que l'oxygène industriel, produit à bas prix, est destiné à modifier et à améliorer la vie humaine, chaque ville devant arriver à produire l'oxygène comme elle produit actuellement le gaz d'éclairage.

M. le Président remercie M. Raoul Pictet de sa très intéressante communication. Il remercie également les collaborateurs qui ont prêté leur concours aux expériences faites devant la Société, et, en particulier. M. le professeur d'Arsonval qui a bien voulu honorer la réunion de sa présence, après avoir fourni à M. Pictet l'air liquide dont il avait besoin pour ses expériences.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. P.-L. Goldschmidt, A. Karcher, P. Martinod, J. Sengeisen et C.-F.-Ph.-G. Vitali, comme Membres sociétaires et de

MM. E.-J. Buisson et V.-G. Sénac comme Membres associés.

MM. G. Alfassa, L. Veyron et J.-H.-C. Wittmann sont reçus Membres sociétaires et

M. J.-H. Malinge, Membre associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 JUIN 1901

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des Statuts, M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier, a la parole pour la lecture de son rapport sur la situation financière semestrielle. Il s'exprime ainsi :

SITUATION AU 31 MAI 1901

Messieurs,

Le 1er décembre 1900, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 638
Du 1er décembre 1900 au 31 mai 1901, les admissions ont été de	104
formant un total de	3 742
Pendant le même laps de temps, la Société a perdu . . . . . soit 36 décès et 37 démissions et radiations.	73
Le total des Membres de la Société au 31 mai 1901 est ainsi de	3 669
Il a donc augmenté, pendant le semestre, de	31

Cette faible augmentation est due surtout au grand nombre de décès, démissions et radiations survenues pendant le semestre.

Toutefois, elle est aussi due, dans une certaine mesure, à ce fait, que nous avons pu constater déjà à plusieurs reprises, c'est que le nombre moyen des nouveaux adhérents est toujours moindre dans les années qui suivent immédiatement une grande Exposition.

Le Bilan au 31 mai 1901 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le fonds inaliénable	Fr.	260 969,80
2° Les espèces en caisse		4 645,46
3° Les débiteurs divers.		70 106,26
4° Les valeurs amortissables		2 500 »
5° La bibliothèque		11 000 »
6° L'immeuble		1 093 841,90
Total.	Fr.	1 443 063,42

Le Passif se compose de :

1° Les créditeurs divers	Fr.	51 780 »
2° Les prix divers		9 402,25
3° L'emprunt.		600 000 »
4° Les coupons		16 360,25
5° Le fonds de secours.		1 445,80
6° L'immeuble et travaux en cours sur ledit		10 170,78
	Fr.	689 159,08
Avoir de la Société.		753 904,34
Total	Fr.	1 443 063,42

Nous allons maintenant passer en revue, rapidement, les divers chapitres de ce Bilan.

Actif.

Les comptes *Fonds inaliénable* et *Caisse* n'appellent aucune observation.

Le compte *Débiteurs divers* a subi une légère augmentation provenant des encaissements de cotisations un peu supérieurs à ceux du premier semestre de l'année dernière et dont le montant a été mis en dépôt chez les banquiers.

Les comptes *Valeurs amortissables* et *Bibliothèque* n'ont subi aucune modification.

Le compte *Immeuble* s'est légèrement augmenté par suite de divers petits travaux exécutés, dont le montant s'élève à 1 300 *f* environ.

BILAN AU 31 MAI 1901

ACTIF

1° Fonds inaliénable :			
a. Legs Meyer (nue propriété)	Fr.	10 000 »	
b. Legs Nozo, 19 obligations du Midi		6 000 »	
c. Legs Giffard, 131 » »		50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan, 1 titre de rente 3 0/0.		3 730 »	
e. Fondation Coignet » »		4 285 »	
f. Fondation Couvreux, 11 obligations du Midi.		4 857,75	
g. Don anonyme		6 750 »	
h. Legs Roy		873,50	
i. Legs de Hennaü		96 982,50	
j. Legs Gottschalk		10 000 »	
k. Legs Huet		67 119 »	
			260 969,80
2° Caisse : Solde disponible	Fr.		4 645,46
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1900 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 50 0/0)		7 290 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt		61 532,26	
Divers		1 284 »	
			70 106,26
4° Valeurs amortissables	Fr.		2 500 »
5° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.			11 000 »
6° Immeuble :			
Mobilier ancien	Fr.	6 500 »	
Terrain et frais		398 660,30	
Terrasse		10 108 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie		170 445,40	
Charpente, fer et bois		131 011,19	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile		19 820,95	
Canalisation, pavage et divers		12 133,36	
Couverture et plomberie		28 794,40	
Fumisterie		30 151,75	
Serrurerie		58 036,73	
Menuiserie, parquets		63 092,14	
Peinture, vitrerie		31 257,60	
Installation gaz et électricité, appareillage		37 373,28	
Ameublement et matériel		48 662,59	
Divers Hôtel		2 090 »	
Honoraires		31 404,21	
Travaux Immeuble		14 300 »	
			1 093 841,90
	Fr.		1 443 063,42

PASSIF

1° Créditeurs divers :			
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours	Fr.	3 500 »	
Créditeurs divers		48 280 »	
			51 780 »
2° Prix divers 1901 et suivants :			
a. Prix Annuel	Fr.	Mémoire.	
b. Prix Nozo		410,40	
c. Prix Giffard 1899, prorogé 1902		5 000 »	
d. Prix Giffard 1902		3 144 »	
e. Prix Michel Alcan		49,70	
f. Prix François Coignet		102,15	
g. Prix Alphonse Couvreux		396 »	
h. Prix Gottschalk		300 »	
			9 402,25
3° Emprunt			600 000 »
4° Coupons échus et à échoir :			
Nos 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897	Fr.	30,55	
N° 3. — 1er juillet 1897		27,85	
N° 4. — 1er janvier 1898		56,20	
N° 5. — 1er juillet 1898		182 »	
N° 6. — 1er janvier 1899		200,90	
N° 7. — 1er juillet 1899		599,25	
N° 8. — 1er janvier 1900		898,65	
N° 9. — 1er juillet 1900		1 333,75	
N° 10. — 1er janvier 1901		2 074,75	
N° 11. — 1er juillet 1901		10 956,35	
			16 360,25
5° Fonds de secours	Fr.		1 445,80
6° Immeuble. Travaux en cours sur ledit	Fr.		10 170,78
	Fr.		689 159,08
Avoir de la Société			753 904,34
	Fr.		1 443 063,42

PASSIF.

Le compte *Créditeurs divers* a subi une légère diminution, provenant de paiements faits au cours du semestre.

Les comptes *Prix divers*, *Emprunt*, *Coupons échus et à échoir*, n'appellent aucune observation.

Le compte *Fonds de secours* a subi une légère augmentation provenant des intérêts de la somme déposée par MM. Schneider en vue d'alimenter ce compte.

Enfin, le compte *Immeuble*, *Travaux en cours*, a subi une petite diminution par suite de paiements effectués dans le cours de ce semestre.

En somme, de la comparaison avec celui au 30 novembre 1900, il résulte que l'Avoir de notre Société est, au 31 mai 1901, de Fr. 753 904,34
alors qu'il était au 30 novembre 1900 de 739 770,07

Il a, par suite, augmenté de . . . . Fr. 14 134,27

qui représente l'excédent de nos recettes normales sur nos dépenses normales, étant entendu toutefois que, l'exercice étant en cours et ayant encore six mois à courir, il n'en résulte pas forcément qu'en fin d'année nous ayons un bénéfice double de celui ci-dessus indiqué; en effet les mois de juillet, août et septembre sont des mois de calme presque absolu pour la Société.

M. LE PRÉSIDENT demande si quelqu'un désire présenter des observations. Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est certain d'être l'interprète de la Société en adressant à M. L. de Chasseloup-Laubat les remerciements les plus sincères pour le dévouement avec lequel notre sympathique Trésorier ne cesse de prodiguer son temps à la Société en accomplissant la tâche si importante qu'il a bien voulu accepter de remplir. *(Approbation unanime.)*

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans cette Assemblée générale semestrielle, il a l'agréable mission de proclamer les lauréats du Prix Annuel et des Prix Michel Alcan et François Coignet.

Le *Prix Annuel* a été attribué par le Jury à M. E. HUBOU pour son mémoire sur *Le Noir d'acétylène et ses dérivés*.

Le noir d'acétylène est un produit nouveau, dû aux recherches de M. E. Hubou, qui a trouvé le moyen d'utiliser avantageusement ainsi les résidus et déchets des carbures de calcium, voire même les carbures tout venants. Notre Collègue a étudié avec le plus grand soin et a décrit dans son mémoire tous les détails de cette fabrication intéressante et l'utilisation de ses sous-produits, en tête desquels figure l'hydrogène. En lui décernant le prix annuel, le Jury a voulu récompenser, non seulement l'auteur du mémoire très complet et très précis qui vous a été pré-

senté, mais encore l'auteur des recherches industrielles décrites dans ce mémoire, et le promoteur d'une nouvelle et intéressante industrie.

M. le Président est heureux de pouvoir féliciter aujourd'hui M. E. Hubou au nom de la Société et de lui remettre la Médaille du Prix Annuel. *(Vifs applaudissements.)*

Le *Prix Michel Alcan* a été attribué par le Jury à notre nouveau Collègue, M. P. Gautier, pour sa communication sur le *Grand Sidérostat de 1900.*

Ici encore le Jury a été heureux de récompenser un mémoire ayant pour objet les travaux personnels et très importants de l'auteur.

L'éloge de M. P. Gautier comme constructeur d'instruments d'astronomie n'est plus à faire. En ce qui concerne son grand sidérostat, nous avons tous pu apprécier, tant par l'audition ou la lecture du mémoire que par la visite des ateliers de M. Gautier, l'ingéniosité de sa disposition mécanique et la perfection des méthodes employées pour sa construction.

M. le Président est heureux de remercier ici M. P. Gautier de sa savante communication et de lui remettre au nom de la Société la Médaille du Prix Michel Alcan. *(Vifs applaudissements.)*

Le *Prix François Coignet* a été attribué par le Jury à M. E. Barbet, pour son mémoire sur *l'Alcool et les Eaux-de-vie.*

M. Barbet s'est placé sur le terrain de l'hygiène, et après avoir discuté les causes, encore bien peu connues, de la toxicité de certains alcools, il nous a exposé l'état actuel des travaux entrepris pour combattre ces causes, soit par le perfectionnement des méthodes de purification ou de raffinage de l'alcool, soit par celui des méthodes de fermentation.

Cet exposé est très intéressant, et le Jury l'a récompensé d'autant plus volontiers qu'il savait la part considérable prise par son auteur dans les perfectionnements décrits.

M. le Président est heureux de lui remettre la Médaille du Prix François Coignet. *(Vifs applaudissements.)*

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 JUIN 1901

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à neuf heures.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société que MM. G. Canet, ancien Président, et M. A. de Dax ont été nommés Membres Honoraires de la Société Impériale Technique Russe.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. le Président annonce que le prochain Congrès de l'American Institute of Mining Engineers se tiendra en novembre prochain à Mexico.

M. le Président fait savoir que la Société de la Lumière Boule l'a informé qu'elle serait heureuse de montrer les expériences qu'elle fait sur sa lumière à ceux de nos Collègues qui se rendront à son laboratoire le 6 juillet, de 9 heures à 11 heures du soir.

M. le Président donne la parole à M. Clausel de Coussergues pour sa communication sur *Quelques modifications apportées en ces dernières années au Four Martin.*

M. Clausel de Coussergues établit rapidement la distinction entre les grands fours à petit nombre de coulées par vingt-quatre heures, en usage en Angleterre et aux États-Unis, et les fours à capacité moindre et à quatre, cinq et six coulées par vingt-quatre heures, en usage en Allemagne et en France.

Il ne s'occupe que de ces derniers fours pour passer en revue les tendances qui se remarquent dans les constructions les plus récentes.

Les gazogènes sont, de plus en plus, conduits en allure rapide; malgré sa plus faible teneur en carbure, le gaz de ces gazogènes a une puissance calorifique plus élevée que celui du gaz des appareils marchant en allure lente.

Pour réaliser cette allure rapide, on a soufflé les anciennes installations de gazogène Siemens et envoyé de la vapeur d'eau sous les grilles; enfin l'usage des gazogènes ronds s'est développé considérablement.

Ces gazogènes, outre la possibilité d'être conduits en allure excessivement rapide (allure chaude), offrent l'avantage d'une production instantanément variable, à la volonté de l'ouvrier, dans le rapport de 1 à 3.

Notre Collègue signale la manutention et le chargement mécanique de la houille, chargement qui a l'avantage d'être continu et de supprimer les à-coups dans la production du gaz.

Après avoir sommairement passé en revue les divers appareils récupérateurs, M. Clausel de Coussergues signale que les usines françaises et les usines allemandes sont en complet désaccord au sujet du rapport à adopter entre les chambres à gaz et les chambres à air.

Tandis que, dans beaucoup d'usines françaises, le volume des chambres à gaz est les deux tiers de celui des chambres à air, en Allemagne les deux chambres sont égales.

Notre Collègue indique les raisonnements qui, aux yeux des partisans de chacun de ces deux systèmes, justifie leur façon de voir. Il signale, en passant, les avantages des chambres à crasses pour assurer la bonne répartition du gaz dans les empilages.

En abordant la superstructure des fours, M. Clausel de Coussergues signale la longueur et la faible section des brûleurs à gaz dans les nouvelles installations en même temps que l'abandon des brûleurs dits parallèles.

Les brûleurs à gaz ont une inclinaison voisine de 5°, tandis que les brûleurs à air sont inclinés de 40 à 45°.

Le rapport entre les sections de ces deux brûleurs, qui était autrefois de 1/1, atteint aujourd'hui presque partout 2/1 et même, dans certains fours, 3/1.

Notre Collègue signale la différence qui existe entre la combustion, obtenue dans les anciens fours principalement par le choc des deux veines gazeuses, et celle des nouveaux fours due à la différence de vitesse ainsi qu'à la température du gaz supérieure à celle de l'air, et favorisée enfin par la haute température qui règne dans la zone de combustion, température qui peut être plus élevée que celle de la zone des anciens fours, grâce aux précautions prises pour écarter cette zone des matériaux insuffisamment réfractaires.

M. Clausel de Coussergues passe rapidement en revue la possibilité que l'on a, avec ces fours, d'obtenir des laitiers très calcaires, de réaliser des économies et d'augmenter les facilités de travail, par rapport aux anciens fours. Il parle enfin de l'avenir réservé, dans les aciéries Martin, au développement des installations mécaniques.

M. A. Lencauchez demande à présenter quelques observations sur certains points spéciaux.

En ce qui concerne les gazogènes, les différences entre les allures froides et chaudes peuvent être très considérables, car tout dépend de la nature du combustible et de sa teneur en cendres, ainsi que des dispositions des gazogènes qui varient selon la nature des houilles employées ; c'est pour cette raison que les gazogènes ronds ne peuvent guère avoir chance d'être utilisés en France.

La même différence se constate dans la production, qui varie selon le pays et selon les usines, car il faut tenir compte que les empilages des récupérateurs diffèrent d'un four à l'autre.

M. Lencauchez a obtenu, dans beaucoup d'essais, une dépense de

220 *kg* par tonne d'acier produit, avec des gaz relativement froids. c'est-à-dire sortant du gazogène au-dessous de 300°.

La disposition des brûleurs et la vitesse avec laquelle l'air traverse le four fait l'objet d'intéressantes observations de notre Collègue, qui préconise une vitesse moyenne afin d'éviter que la combustion du gaz ne se fasse dans les empilages; d'autre part, si la température est maintenue trop élevée, les brûleurs fondent et la voûte du four se trouve rapidement dégradée, quelques matériaux qu'on emploie.

M. Lencauchez donne ensuite diverses indications sur les différentes méthodes employées pour faire l'affinage au four Martin : transvasement essayé dès 1865 aux Forges de Châtillon et Commentry, fours superposés, fours oscillants, américains, etc., et cela amène l'orateur à parler de la question du chargement mécanique du four Martin qui, d'après lui, n'est pas indispensable avec les installations françaises, bien moins importantes que les usines américaines où le chargement mécanique est employé en vue d'une production à outrance avec une main-d'œuvre très coûteuse.

M. Clausel de Coussergues présente quelques observations en réponse relativement à la question de l'allure, c'est-à-dire la température du gazogène et du four; il indique à ce propos que l'emploi de gazogènes ronds a donné de bons résultats, même avec les houilles collantes du Pas-de-Calais; enfin il maintient ses précédentes conclusions relativement au chargement mécanique qui ne peut être qu'avantageux au point de vue de la production et de la fabrication.

M. le Président remercie M. Clausel de Coussergues des intéressants renseignements qu'il a apportés à la Société des Ingénieurs Civils. Il remercie également M. Lencauchez de son intervention documentée dans la discussion.

L'ordre du jour appelle la communication de M. S. Périssé, sur *la Chute, par gauchissement, d'un pont démontable.*

M. S. Périssé rappelle d'abord qu'il a entretenu la Société, il y a vingt ans, de ses recherches théoriques sur le gauchissement des poutres de ponts et sur le calcul des contreventements. Il apporte aujourd'hui un nouvel exemple d'un pont tombé par gauchissement ou flambage. au moment même où on lui faisait subir les épreuves statiques, avant de le livrer à l'exploitation, sur la ligne du Midi à Tarbes.

Les conditions mêmes de la chute ont pu être déterminées aussi exactement et aussi complètement que possible, puisque le pont était en observation attentive dans les heures qui ont précédé l'accident, et puisque, après sa chute, les relevés les plus minutieux ont été faits pour en déterminer la cause. Il est donc permis de dire que, par l'exemple du pont de Tarbes, le mode de calcul des poutres pour résister aux efforts gauchissants reçoit une vérification et une consécration pratiques nouvelles.

C'est le 17 juillet 1897 qu'un pont militaire du système Marcille construit d'urgence sur l'Adour, s'est écroulé au moment où le train d'épreuve le traversait à la vitesse d'un homme au petit pas. Il était en

métal fondu, avec panneaux rivés et assemblés entre eux par des boulons, formant une seule travée de 45 *m* de longueur, avec portée libre de 43,80 *m*. Les poutres de 2,20 *m* de hauteur et 0,60 *m* de largeur, espacées d'axe en axe de 1,51 *m*, reliées haut et bas par des pièces horizontales, supportaient par-dessus la voie ferrée.

Le métal employé avait une charge limite d'élasticité de 30 *kg*, une charge de rupture de 47 *kg*, et un allongement de 20 0/0.

Le train d'épreuve composé de deux locomotives et de wagons de 15 *t*, s'était avancé d'abord sur la moitié du pont et s'était retiré après une demi-heure de séjour. La deuxième épreuve statique consistait à placer le train sur toute la longueur de la travée, et c'est au moment où le train occupait une longueur de 36-37 *m*, que les poutres ont flambé en se déversant et en projetant le train vers l'amont de la rivière.

Les calculs de résistance à la flexion et les flèches constatées ont démontré que les assemblages par boulons des ponts Marcille donnent une sécurité absolue.

Les calculs de résistance au flambage par la formule :

$$L = 4{,}215 \sqrt[4]{\frac{EIH}{p}}$$

ont indiqué que la longueur du pont était trop grande pour pouvoir résister à la deuxième cause de gauchissement des recherches théoriques, à savoir : les compressions exercées sur la semelle supérieure des poutres. Il eût fallu, soit des contreventements verticaux constitués par des croix de Saint-André triangulant les poutres, soit un contreventement horizontal sur les semelles supérieures, formant une sorte de poutre à treillis à grandes mailles.

Le pont militaire, expédié d'urgence de Versailles, n'avait pas de pièces de contreventement, ni dans le sens vertical, ni dans le sens horizontal. S'il en était ainsi, c'est parce que le Génie militaire avait considéré qu'il importait de réduire au minimum le nombre de séries de pièces semblables devant constituer un pont à construire devant l'ennemi, et qu'il importait aussi que les pièces fussent toutes robustes et de telle nature que le montage pût en être fait par des hommes inexpérimentés. Il lui avait paru que les pièces de contreventement, de déformation plus facile que les autres, pouvaient être évitées, d'autant plus que, dans les cas de grande portée, on pouvait suppléer à leur absence par des croix de Saint-André en bois ou tout autre moyen improvisé.

M. Périssé croit savoir qu'après l'accident du pont de Tarbes, une Commission spéciale a été nommée pour rechercher ce qu'il y avait à faire en vue d'être absolument à l'abri de tout accident pouvant être occasionné par le gauchissement des poutres ou par l'action du vent. Sur les indications de cette Commission, le matériel des ponts militaires a subi les transformations qui font que, dans tous les cas d'application, ce matériel donne une complète satisfaction, même par les vents les plus violents.

Il pense qu'après quatre ans écoulés, alors que nos ponts militaires peuvent être aujourd'hui considérés comme parfaits, il devait entrete-

nir la Société des Ingénieurs Civils de France d'un nouvel exemple de pont tombé par gauchissement, puisque les formules théoriques qu'il a données il y a vingt ans pour le calcul des contreventements reçoivent de nouveau la consécration de la pratique.

Les circonstances spéciales de l'accident ont été déterminées avec un soin et une exactitude qui ne se retrouvent qu'au cours d'essais officiels, alors que tous les faits sont exactement connus et notés et c'est ce qui augmente l'intérêt et l'importance de ce nouvel exemple d'application de sa théorie sur les contreventements.

Cette application indique que, pendant la première épreuve, le pont était en danger, et les poutres auraient flambé, s'il n'y avait eu les trois circonstances suivantes :

1° Constance de la section, et par suite, du moment d'inertie:

2° Nombreux montants verticaux qui raidissaient l'âme;

3° Excellente mise en œuvre, et excellent métal.

Le coefficient de la pratique courante était trop fort dans l'espèce, en raison de ces trois circonstances exceptionnelles.

En ce qui concerne la deuxième épreuve statique, la formule indique que le pont devait inévitablement tomber, puisque la longueur théorique maxima a été dépassée. Si l'on tient compte du chemin parcouru par le train, alors que la rupture avait commencé, on peut dire que la chute s'est produite au moment même où le train est arrivé au point que la formule indique comme ne pouvant être dépassé.

M. le Président remercie M. S. Périssé de son intéressante communication et se félicite que l'Administration de la Guerre, prévenue de la communication qui était mise à l'ordre du jour, ait fait preuve de libéralisme en ne mettant pas obstacle à l'exposé de notre Collègue, d'où il résulte, du reste, que nos ponts militaires ne laissent plus rien à désirer.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de M. Émile Bertin, Directeur du Génie Maritime au Ministère de la Marine, comme Membre honoraire; de MM. G.-D. Arachequesne, F.-R. Bérard, G. Chauveau, A.-F.-J. David, Ch.-F.-G. Ewald, H. Gaget, Ph.-L. Krämer, W.-P. Loescher, L.-L.-L. Milsan, G.-H. Mulder-Ruhaak, S.-D. Stücker, G.-G. Viard, E. Vrigny, comme Membres sociétaires, et de

M. A.-J.-E. Congy, comme Membre associé.

MM. P.-L. Goldschmidt, A. Karcher, P. Martinod et C.-F.-Ph.-G. Vitali sont reçus Membres sociétaires et

MM. E.-J. Buisson et V.-G. Sénac, Membres associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
Lucien Périssé.

CHUTE PAR GAUCHISSEMENT

D'UN PONT DÉMONTABLE[1]

PAR

M. S. PÉRISSÉ

Il y a vingt ans, dans la séance du 2 décembre 1881, la Société des Ingénieurs civils de France a reçu une communication sur le gauchissement des poutres de ponts et sur le calcul des contreventements.

C'est à la suite de la chute du pont de Miramont sur la Garonne, que j'ai été amené à faire des recherches théoriques qui permettent de calculer les poutres des ponts en fer pour résister aux efforts gauchissants qui tendent à les renverser.

Les calculs de résistance des poutres métalliques se font par l'application des formules de la théorie de la flexion plane, lesquelles supposent que les pièces conservent leur verticalité comme les charges qui les fléchissent. On admet donc que les trois parties essentielles de la section double I, les deux semelles plates-bandes et l'âme, ont leur centre de gravité dans un même plan vertical. Il n'en est pas toujours ainsi, car deux causes tendent à y faire obstacle :

1° Le mode ordinaire d'assemblage des pièces de pont placées entre les poutres;

2° Les compressions longitudinales exercées sur la plate-bande supérieure des poutres.

Le gauchissement ou flambage des poutres tend à se produire sous l'effet de ces deux causes.

Les poutres longitudinales du pont se déverseraient et perdraient leur verticalité si certaines pièces ne les maintenaient d'une façon plus ou moins absolue; ce sont les montants verticaux formant lien entre les poutres longitudinales et les pièces transversales, qui arrêtent le déversement dès qu'il commence à se produire. Ce sont plus efficacement les barres de triangu-

(1) Planche 12.

lation formant contreventement entre les poutres qui empêchent leur déversement sous l'effet des deux causes considérées.

Les constructeurs connaissent bien l'importance des pièces de contreventement verticales ou horizontales, et ils les déterminent par comparaison avec les ouvrages plus ou moins analogues ayant déjà reçu la sanction de la pratique. Mais avant 1880 on n'a indiqué aucune formule pour le calcul de ces pièces. La question n'avait été traitée ni dans les ouvrages spéciaux, ni dans aucun des cours qui sont professés dans nos grandes écoles. J'ai essayé de combler cette lacune.

La partie purement théorique de mes recherches a été présentée à l'Académie des Sciences qui en a inséré un extrait dans ses comptes rendus à la date du 14 juin 1880, et qui a nommé une Commission spéciale de cinq membres. Son rapporteur, M. Bresse, l'ancien éminent professeur de mécanique appliquée à l'École des Ponts et Chaussées, a communiqué à l'Académie des Sciences, le 18 avril 1881, le résultat des travaux de la Commission.

En ce qui concerne les moments gauchissants développés sur les poutres par l'assemblage des pièces de pont, les formules données reposent sur des considérations théoriques exactement applicables. Il n'en est pas tout à fait de même de la deuxième partie de l'étude théorique relative aux efforts de compression sur la plate-bande supérieure.

J'ai supposé que ces efforts de compression tendent à faire fléchir la plate-bande supérieure comme un prisme chargé debout suivant sa ligne moyenne. Dans la théorie connue des pièces chargées debout, on suppose un prisme soumis à des pressions égales agissant aux deux extrémités, aucune autre force n'étant appliquée dans l'intervalle. La pièce est d'ailleurs libre, à part l'obligation pour les deux points extrêmes de l'axe de rester sur la droite, suivant laquelle agissent les efforts de compression. Or, dans une poutre à section I, la plate-bande supérieure ne remplit pas toutes ces conditions, puisqu'elle fait corps avec l'âme qui exerce donc des réactions sur toute la [illegible]gueur de la plate-bande. De plus, les efforts de com[illegible] n'agissent pas aux deux extrémités, puisqu'ils vont [illegible] tant, au fur et à mesure qu'on s'en éloigne, et [illegible] n'est généralement pas constante sur toute la [illegible] plate-bande.

C'est ce qui a fait dire au rapporteu[illegible]

Sciences : « la formule que M. Périssé a prise pour point de » départ ne saurait donc s'appliquer rigoureusement, et ses » conséquences n'offrent pas un degré complet de certitude ».

C'est ce qui m'a fait dire en 1881 à la Société qu'il appartenait aux savants de compléter la solution théorique du problème étudié; mais en attendant cette solution complète, qui du reste ne s'est pas encore fait jour, j'ai dit qu'il fallait demander à l'expérience la valeur du coefficient pratique de sécurité, et c'est pourquoi, dans ma communication de 1881, j'ai donné l'application des formules à 20 ponts considérés, pour la plupart, comme très légers et qui néanmoins ont résisté parfaitement, sans subir aucune déformation anormale. Pour ces 20 ponts, les formules ont répondu qu'ils étaient constitués pour résister au gauchissement. L'application des formules a été faite pour trois ouvrages qui n'ont pas tenu, c'est-à-dire qui sont tombés ou qui ont menacé de tomber avant la consolidation des pièces de contreventement, et les formules ont répondu que ces trois ponts devaient tomber par flambage.

C'est ainsi que j'ai été amené à dire en 1881, qu'il convient d'adopter, non pas le coefficient de sécurité ordinaire pris égal à 4 par quelques Ingénieurs pour les poteaux ou pièces comprimées afin de tenir compte des imperfections de toute nature de la moindre résistance par suite des trous de rivets, des causes accidentelles, etc., mais qu'il convenait d'admettre un coefficient de 2, c'est-à-dire de poser en pratique que la compression longitudinale sur la plate-bande ne doit pas dépasser la moitié de la force produisant théoriquement une flexion, auquel cas la poutre est en équilibre instable.

Ce coefficient 2, environ deux fois plus faible que le coefficient ordinaire dans le cas de pièces et poteaux comprimés, tient donc compte, dans la mesure que l'exemple des 20 ponts m'a révélée, des réactions que l'âme exerce sur la plate-bande supérieure, ainsi que des conditions spéciales dans lesquelles se trouve ladite plate-bande, par rapport aux pièces ordinaires comprimées.

L'objet de ma communication d'aujourd'hui, c'est d'apporter l'exemple d'un pont tombé par gauchissement, au moment même où on lui faisait supporter des charges statiques pour s'assurer de sa résistance avant de lui faire subir l'épreuve du passage d'un train de vitesse et de le livrer ensuite à l'exploitation.

Les conditions mêmes de la chute ont pu être déterminées aussi exactement et aussi complètement que possible, puisque le pont était en observation attentive dans les heures qui ont précédé l'accident, et puisque, après sa chute, les relevés les plus minutieux ont été faits pour en déterminer la cause. Il est donc permis de dire que, par l'exemple du pont de Tarbes, le mode de calcul des poutres pour résister aux efforts gauchissants, reçoit une vérification et une consécration pratiques nouvelles.

Le 17 juillet 1897, un pont militaire démontable construit d'urgence sur l'Adour à Tarbes, sur la ligne de Toulouse à Bayonne, s'est écroulé au moment où les Ingénieurs de la Compagnie du Midi procédaient aux épreuves statiques, au moyen d'un train marchant à la vitesse d'un homme au petit pas. Voici dans quelles circonstances ce pont avait dû être édifié.

Le 3 juillet 1897, le pont en maçonnerie composé de 5 arches biaises de 9 *m* d'ouverture établi sur l'Adour, entre la gare de Tarbes et la halte de Marcadieu, a été emporté par une crue exceptionnelle. Les 4 arches de la rive droite avec les 3 piles intermédiaires se sont effondrées. L'arche de la rive gauche est restée debout. Grâce aux mesures prises d'urgence par les Ingénieurs de la Compagnie du Midi pour soutenir la voûte de la première arche, il en est résulté que la brèche faite par l'inondation dans le pont était de 42 à 43 *m*.

A l'exemple de ce qui s'était déjà fait près de Culoz par la Compagnie P.-L.-M. (et tout récemment sur la ligne de Nice), la Compagnie du Midi songea que, pour rétablir le plus tôt possible la circulation sur la ligne de Bayonne à Toulouse, on pourrait demander à l'administration militaire de lancer un des ponts métalliques de 45 *m*. Le génie militaire a créé, en effet, tout un matériel de ponts métalliques destinés à rétablir, pendant la guerre, le passage des trains lorsque des ponts viendront à être détruits par l'ennemi. La Compagnie s'entendit avec le Génie militaire de Versailles du 6 au 9 juillet, et le 16 juillet, le détachement du génie avait terminé, par ses propres moyens, le montage, le lançage et la mise en place du pont avec un soin, une précision et une perfection tout à fait remarquables. La chute s'est produite le lendemain matin 17 juillet.

Voici une description sommaire du pont avant et après l'accident et les faits principaux qui ont été constatés.

Le pont était en métal fondu, du système Marcille, avec panneaux assemblés par boulonnage. Il avait 45 *m* de longueur; il était d'une seule travée, composé de deux poutres de 2,20 *m* de hauteur et de 0,60 *m* de largeur, espacées d'axe en axe de 1,51 *m* environ, reliées en haut et en bas par des pièces horizontales espacées de 2,50 *m*. Il supportait, à sa partie supérieure, une voie de chemin de fer dont chacun des rails était à l'aplomb de l'axe de chaque poutre. Sa direction était est-ouest, c'est-à-dire que la poutre amont était orientée vers le midi, et la poutre aval vers le nord.

Chaque poutre comprenait sept panneaux ayant les longueurs suivantes :

2	panneaux	d'extrémité de	2,50	5,00 *m*
4	—	intermédiaires	7,50	30,00
1	—	central	10,00	10,00
			Longueur totale	45,00 *m*

Tous les panneaux composés uniformément d'une âme de 9 *mm* d'épaisseur reliée par des cornières 120 × 120 × 15 aux deux semelles, supérieure et inférieure, qui sont identiques et d'une section constante de 600 × 39. L'âme est en deux pièces avec couvre-joint horizontal interrompu au droit de chacun des montants verticaux; ceux-ci, placés de chaque côté de l'âme, sont de deux natures : les uns, espacés de 2,50 *m* d'axe en axe, sont composés de deux cornières avec tôle de renfort; les autres composés seulement de deux cornières, espacés de 0,833 *m*, de sorte qu'entre deux montants renforcés il existait deux montants verticaux simples.

Tous les montants verticaux étaient reliés aux semelles supérieures et inférieures au moyen de deux rivets de chaque côté de l'âme, ayant 15 *mm* de diamètre. Les montants renforcés des extrémités des panneaux étaient fixés aux semelles par une cornière et des boulons, et raidis au milieu de leur hauteur par un gousset qui les reliait à l'âme.

Deux panneaux consécutifs étaient assemblés entre eux au moyen de boulons tournés réunissant les deux montants verticaux ainsi que les deux semelles, au moyen de couvre-joints horizontaux placés en dessus et en dessous des semelles.

Il existait sous la semelle inférieure de chaque panneau, une

série de plaques et de fourrures constituant un chemin de roulement pour les galets de lançage.

Chacune des poutres portait à l'intérieur, au milieu de la distance entre deux montants renforcés, un gousset d'attente fixé sur l'âme, et sur lequel pouvaient venir s'assembler les pièces de pont qu'on est obligé d'employer lorsque la voie est posée entre les poutres vers leur partie inférieure.

Les deux poutres étaient réunies entre elles :

1° A la partie supérieure, par des entretoises horizontales à âme pleine, à l'aplomb des goussets d'attente dont il vient d'être parlé. Ces entretoises de 0,50 *m* de hauteur étaient écartées à 2,50 *m* et fixées à chacune des poutres par dix boulons sur l'âme et quatre boulons sur la semelle supérieure.

2° A la partie inférieure, par des entretoises horizontales formées de deux cornières et fixées aux semelles des poutres par quatre boulons. Ces entretoises inférieures étaient à l'aplomb des entretoises supérieures.

Il convient donc de remarquer qu'il n'y avait pas concordance entre les montants verticaux et les entretoises horizontales. Aucune pièce oblique n'existait, ni dans le plan vertical, ni dans le plan horizontal pour assurer la position relative des deux poutres reliées seulement par des entretoises perpendiculaires.

Description du pont après l'accident.

La poutre amont a été rompue entièrement, suivant un plan sensiblement perpendiculaire à sa longueur, sur une section correspondant au montant vertical renforcé, situé à une distance de 2,50 *m* de l'extrémité côté Tarbes du panneau central de 10 *m*. Les panneaux de 7,50 *m* contigus au panneau central, ont subi des déchirures partielles et des plissements secondaires. La poutre aval qui s'est déversée sur celle amont, n'a pas subi de détériorations aussi considérables que cette dernière. Son panneau central a subi des déchirures partielles et des plissements qu'on voit nettement dans les photographies annexées, mais il n'y a pas eu rupture complète *(Pl. 12)*.

Le montant vertical, dans le plan de la rupture complète de la poutre amont, a été arraché du tronçon, côté Tarbes du panneau central, sur la moitié environ de sa hauteur, et, sur le reste de la hauteur, il a été arraché du tronçon côté Toulouse

du même panneau central. Il est resté adhérent au tronçon côté Toulouse.

Les entretoises supérieures et inférieures ont plus ou moins souffert, soit dans leur attache avec les poutres, soit dans le cours de leur longueur.

Les extrémités des poutres, ainsi que les plaques d'appui et les cales en bois sur lesquelles ces dernières reposaient, n'ont subi aucune détérioration.

De l'avis unanime exprimé par les Ingénieurs qui, de la rive, suivaient l'avancement du train, la chute s'est produite par le flambage des semelles supérieures des poutres.

Faits constatés.

Voici des faits constatés, tant par les experts commis par le Juge d'instruction de Tarbes, que par les Ingénieurs et Agents techniques de la Compagnie du Midi.

Des essais à la traction faits au Conservatoire des Arts-et-Métiers sur le métal fondu employé pour la construction des poutres, ont donné les résultats suivants :

Éprouvettes prises sur l'âme, de 178 mm^2 de section et 200 *mm* de longueur de prisme.

Charge limite d'élasticité. . .	30*k* à 30,8 *k*
Charge de rupture.	46,1 à 47,1
Allongement pour cent. . . .	19,2 à 20,8

Éprouvette prise sur une tôle de semelle, dans le voisinage immédiat de la partie déchirée par compression. Section 192 mm^2. Longueur 75 *mm* (il n'a pas été possible de prendre une éprouvette plus longue).

Charge limite d'élasticité.	31,2
Charge de rupture	51
Allongement pour cent	26,6

Le pont devait être livré par le Génie à la Compagnie du Midi dans la journée du 17 juillet. Il était prêt le 16 au soir et les épreuves, en présence des Ingénieurs du Contrôle de l'État, ont été fixées à la matinée du 17, et elles ont été faites sous la direction de l'Ingénieur en chef de la voie du Midi, avec un train

220 *kg* par tonne d'acier produit, avec des gaz relativement froids. c'est-à-dire sortant du gazogène au-dessous de 300°.

La disposition des brûleurs et la vitesse avec laquelle l'air traverse le four fait l'objet d'intéressantes observations de notre Collègue, qui préconise une vitesse moyenne afin d'éviter que la combustion du gaz ne se fasse dans les empilages; d'autre part, si la température est maintenue trop élevée, les brûleurs fondent et la voûte du four se trouve rapidement dégradée, quelques matériaux qu'on emploie.

M. Lencauchez donne ensuite diverses indications sur les différentes méthodes employées pour faire l'affinage au four Martin : transvasement essayé dès 1865 aux Forges de Châtillon et Commentry, fours superposés, fours oscillants, américains, etc., et cela amène l'orateur à parler de la question du chargement mécanique du four Martin qui, d'après lui, n'est pas indispensable avec les installations françaises, bien moins importantes que les usines américaines où le chargement mécanique est employé en vue d'une production à outrance avec une main-d'œuvre très coûteuse.

M. Clausel de Coussergues présente quelques observations en réponse relativement à la question de l'allure, c'est-à-dire la température du gazogène et du four ; il indique à ce propos que l'emploi de gazogènes ronds a donné de bons résultats, même avec les houilles collantes du Pas-de-Calais ; enfin il maintient ses précédentes conclusions relativement au chargement mécanique qui ne peut être qu'avantageux au point de vue de la production et de la fabrication.

M. le Président remercie M. Clausel de Coussergues des intéressants renseignements qu'il a apportés à la Société des Ingénieurs Civils. Il remercie également M. Lencauchez de son intervention documentée dans la discussion.

L'ordre du jour appelle la communication de M. S. Périssé, sur *la Chute, par gauchissement, d'un pont démontable.*

M. S. Périssé rappelle d'abord qu'il a entretenu la Société, il y a vingt ans, de ses recherches théoriques sur le gauchissement des poutres de ponts et sur le calcul des contreventements. Il apporte aujourd'hui un nouvel exemple d'un pont tombé par gauchissement ou flambage. au moment même où on lui faisait subir les épreuves statiques, avant de le livrer à l'exploitation, sur la ligne du Midi à Tarbes.

Les conditions mêmes de la chute ont pu être déterminées aussi exactement et aussi complètement que possible, puisque le pont était en observation attentive dans les heures qui ont précédé l'accident, et puisque, après sa chute, les relevés les plus minutieux ont été faits pour en déterminer la cause. Il est donc permis de dire que, par l'exemple du pont de Tarbes, le mode de calcul des poutres pour résister aux efforts gauchissants reçoit une vérification et une consécration pratiques nouvelles.

C'est le 17 juillet 1897 qu'un pont militaire du système Marcille. construit d'urgence sur l'Adour, s'est écroulé au moment où le train d'épreuve le traversait à la vitesse d'un homme au petit pas. Il était en

métal fondu, avec panneaux rivés et assemblés entre eux par des boulons, formant une seule travée de 45 *m* de longueur, avec portée libre de 43,80 *m*. Les poutres de 2,20 *m* de hauteur et 0,60 *m* de largeur, espacées d'axe en axe de 1,51 *m*, reliées haut et bas par des pièces horizontales, supportaient par-dessus la voie ferrée.

Le métal employé avait une charge limite d'élasticité de 30 *kg*, une charge de rupture de 47 *kg*, et un allongement de 20 0/0.

Le train d'épreuve composé de deux locomotives et de wagons de 15 *t*, s'était avancé d'abord sur la moitié du pont et s'était retiré après une demi-heure de séjour. La deuxième épreuve statique consistait à placer le train sur toute la longueur de la travée, et c'est au moment où le train occupait une longueur de 36-37 *m*, que les poutres ont flambé en se déversant et en projetant le train vers l'amont de la rivière.

Les calculs de résistance à la flexion et les flèches constatées ont démontré que les assemblages par boulons des ponts Marcille donnent une sécurité absolue.

Les calculs de résistance au flambage par la formule :

$$L = 4{,}215 \sqrt[4]{\frac{EIH}{p}}$$

ont indiqué que la longueur du pont était trop grande pour pouvoir résister à la deuxième cause de gauchissement des recherches théoriques, à savoir : les compressions exercées sur la semelle supérieure des poutres. Il eût fallu, soit des contreventements verticaux constitués par des croix de Saint-André triangulant les poutres, soit un contreventement horizontal sur les semelles supérieures, formant une sorte de poutre à treillis à grandes mailles.

Le pont militaire, expédié d'urgence de Versailles, n'avait pas de pièces de contreventement, ni dans le sens vertical, ni dans le sens horizontal. S'il en était ainsi, c'est parce que le Génie militaire avait considéré qu'il importait de réduire au minimum le nombre de séries de pièces semblables devant constituer un pont à construire devant l'ennemi, et qu'il importait aussi que les pièces fussent toutes robustes et de telle nature que le montage pût en être fait par des hommes inexpérimentés. Il lui avait paru que les pièces de contreventement, de déformation plus facile que les autres, pouvaient être évitées, d'autant plus que, dans les cas de grande portée, on pouvait suppléer à leur absence par des croix de Saint-André en bois ou tout autre moyen improvisé.

M. Périssé croit savoir qu'après l'accident du pont de Tarbes, une Commission spéciale a été nommée pour rechercher ce qu'il y avait à faire en vue d'être absolument à l'abri de tout accident pouvant être occasionné par le gauchissement des poutres ou par l'action du vent. Sur les indications de cette Commission, le matériel des ponts militaires a subi les transformations qui font que, dans tous les cas d'application, ce matériel donne une complète satisfaction, même par les vents les plus violents.

Il pense qu'après quatre ans écoulés, alors que nos ponts militaires peuvent être aujourd'hui considérés comme parfaits, il devait entrete-

les efforts qui les comprimaient; elles se sont incurvées horizontalement vers l'amont, puisque le pont tout entier avait, dans cette direction, une petite incurvation originelle (flèche de 43 *mm* sur 45 *m*). Elles ont subi dans le plan horizontal, une flexion particulière qu'on appelle ***Flambage.***

Les deux poutres étaient semblables et chargées de la même manière; l'une ou l'autre pouvait donc commencer à flamber; mais entretoisées ensemble par des pièces horizontales de 0,50 *m* de hauteur, placées en dessous des semelles supérieures, les deux poutres auraient pu prendre ensemble le premier mouvement dans le sens horizontal, mais c'est la poutre amont qui a flambé la première.

Dès que la semelle de la poutre amont a commencé à se cintrer horizontalement en un point situé à 20 *m* de son extrémité ouest, la chute par renversement était inévitable; par l'intermédiaire de l'entretoise la plus voisine, placée à 21,25 *m* de l'extrémité, la semelle supérieure de la poutre aval a suivi le mouvement de sa voisine.

Dès que les poutres ont perdu leur verticalité, c'est-à-dire lorsque l'âme et le centre de gravité des deux semelles, haut et bas, ont cessé d'être dans un même plan vertical, les poutres étaient incapables de rester debout et de résister aux charges fléchissantes. Elles devaient, répétons-le, inévitablement se gauchir et tomber par déversement latéral.

C'est ce qui est arrivé dans la dernière épreuve au moment où l'avancement du train a fait supporter au pont des charges sous lesquelles le moment fléchissant maximum, à 20 *m* environ de l'extrémité, a soumis la semelle supérieure, en ce point, à des efforts de compression trop grands.

Le premier effet du flambage a été de faire sauter les deux petits rivets de 15 *mm* qui attachaient la semelle supérieure avec le montant vertical intérieur; cette pièce verticale réunissait ladite semelle à la semelle inférieure très imparfaitement, il est vrai, mais enfin elle s'est opposée pendant un certain temps au flambage de la semelle supérieure; puis l'incurvation se continuant, l'âme de la poutre s'est gauchie malgré la réaction des entretoises sur 0,50 *m* de hauteur, et alors est survenue la rupture successive et rapide des autres rivets du double montant, en partant du haut, et en même temps les boulons de l'entretoise supérieure ont sauté; les tôles formant la semelle supérieure se sont rompues en s'ouvrant vers l'extérieur du pont,

et la ligne de rupture a suivi de préférence une ligne brisée passant par les rivets, c'est-à-dire la ligne de plus faible résistance.

La poutre amont a subi une déformation plus importante que la poutre aval, parce qu'à un moment donné, elle a eu à supporter, dans une certaine mesure, la poutre aval qui se déversait sur elle, et un moment après, cette poutre amont, déversée et gauchie, a reçu une partie du poids de la deuxième locomotive qui a achevé de la rompre dans toute sa section.

Cette section rompue de la poutre amont est ainsi définie :

Poutre amont. — Les trois tôles de la semelle supérieure se sont rompues dans des plans différents en s'ouvrant vers l'exté rieur, c'est-à dire vers le bord qui a touché le premier le fond de la rivière (par traction) et en se déchiquetant vers l'intérieur (par compression); cette rupture de la semelle supérieure s'est faite suivant une ligne brisée passant par les cinq gros rivets; la rupture s'est continuée par les deux cornières, puis par l'âme toujours en suivant la ligne des rivets du double montant vertical d'abord côté Tarbes, et ensuite côté Toulouse. La rupture a atteint la semelle inférieure en suivant les trous des rivets, e' enfin, devant la résistance du chemin de roulement forman doublure, la ligne de rupture a fait une déviation de 0,60 *m* vers l'ouest pour aller sortir à un point où ladite doublure était interrompue sans couvrejoint. Dans cette déviation, 12 rivets, moins résistants que le chemin de roulement, ont sauté, autant par cisaillement que par traction, car le restant du chemin de roulement était resté fixé à la partie est de la semelle.

Le double montant vertical s'est tordu avec inflexion vers l'ouest, en raison de la déchirure en zigzag de l'âme et de la chute sur lui de la poutre aval.

Poutre aval. — Les tôles de la semelle supérieure se sont rompues par traction sur environ 0,30 *m*, c'est-à-dire sur la moitié basse après renversement, et sur l'autre moitié, les tôles comprimées sont plissées. Cette déformation de la semelle supérieure s'est produite, exactement, en face de l'entretoise horizontale qui réunissait les deux poutres, à 1,25 *m* du montant vertical, au droit duquel s'était faite la déformation de la semelle supérieure de la poutre amont. La plissure des tôles est exactement dans le milieu de l'espace qui sépare les deux rangées verticales des cinq trous des boulons d'attache de l'entretoise.

L'âme de la poutre aval s'est gauchie, mais elle n'a pas cassé. Quant à la semelle inférieure, elle a subi, après l'autre, une déformation tout à fait analogue à celle de la semelle supérieure. mais les deux déformations ne sont pas en face l'une de l'autre. soit parce que la dernière s'est faite vers le point de la plus grande fatigue, soit plutôt parce que la déformation de la semelle inférieure s'est rapprochée du point de plus faible résistance qui était celui où le chemin de roulement était interrompu.

Avant de soumettre aux calculs de résistance les poutres du pont démontable, expliquons, en quelques mots, pourquoi le tablier métallique présentait une petite incurvation originelle dans le plan horizontal.

Il a été constaté, la veille de l'accident, dans l'après-midi, que le pont présentait une flèche en plan de 58*mm*, et le matin de l'accident, cette flèche a été trouvée de 43*mm*. Cette flèche d'incurvation représente le millième environ de la longueur de 45*m*, sur laquelle elle a été observée. La flèche de 43*mm* que les poutres avaient conservée pendant la nuit, s'explique par un petit défaut de montage qu'il était bien difficile d'éviter.

En effet, n'oublions pas qu'il s'agit d'un pont composé, pour chaque poutre, de sept panneaux réunis ensemble par des boulons; que, malgré le rabotage des joints, et le soin apporté dans la construction, il peut y avoir dans les faces boulonnées de petites imperfections de quelques dixièmes de millimètre qui ont conduit à des poutres légèrement incurvées. D'ailleurs, les panneaux, pendant le montage, ne reposant pas, comme le pont luimême, sur des sabots en acier rabotés et graissés, ont pu subir au soleil de petits allongements différentiels qui les ont cintrés de quelques millimètres. Tout cela explique que, dans le montage, les poutres ont pris une légère incurvation qui aurait été corrigée par les monteurs, s'ils avaient eu à poser les pièces en croix de Saint-André d'un contreventement horizontal.

Mais ce n'est pas là, dans la mesure où il se présentait, un défaut qui a pu avoir une influence sur l'accident. Il a seulement fait que le pont est tombé vers l'amont, tandis que, sans cette flèche de construction, il serait tombé, soit à l'amont, soit à l'aval, puisqu'il y aurait eu alors symétrie parfaite.

On comprend de même que, dans l'après-midi de la veille de l'accident, la poutre d'amont, exposée en plein soleil, ait pu, par sa différence de température avec la poutre d'aval, subir un

allongement qui a contribué à l'incurvation. On peut ainsi s'expliquer que la flèche ait pu être, en plein jour, un peu plus grande que pendant la nuit.

Cette action du soleil a été mise en avant par les journaux pour expliquer la chute du pont. Il serait évidemment puéril de s'y arrêter.

CALCULS DE RÉSISTANCE

Il n'est pas sans intérêt de donner les résultats des calculs d'une poutre à la flexion, parce que la comparaison des flèches observées et des flèches théoriques permettra de déterminer l'influence du boulonnage dans les ponts du système Marcille.

Voici les calculs résumés dans les trois cas :

1° Charge permanente due au poids propre ;

2° Première épreuve statique ;

3° Deuxième épreuve statique.

Nous avons admis que la portée de la poutre est de $43{,}80\,m = l$.

1° Charge permanente due au poids propre.

Le poids du pont est.	88 000 *kg*
A ajouter : poids de la voie, 45 *m* × 140 *kg*. . .	6 500
Poids total du pont.	94 500 *kg*

Soit, par poutre, 47 250 *kg*.

Par mètre linéaire de poutre : $\frac{47\,250}{45} = 1\,050\,kg = p$.

Le moment fléchissant maximum existe au milieu de la portée, et sa valeur est :

$$\mu = \frac{pl^2}{8} = \frac{1\,050 \times 43{,}80 \times 43{,}80}{8} = 251\,800\ kgm.$$

Calculons le moment d'inertie I et le moment de résistance $\frac{I}{V}$ de la section transversale de la poutre.

Cette section, constante sur toute la longueur pour les ponts Marcille, est la suivante pour les ponts de 45 *m* :

La poutre a une hauteur de 2,200 *m*, donc $V = 1{,}10\,m$.

Elle est composée d'une âme de 9*mm* d'épaisseur, de quatre cornières $\frac{120 \times 120}{15}$ et de deux semelles en plates-bandes de 600×39 (trois larges plats 600×13).

Dans le calcul I, nous avons retranché deux vides de 25*mm* pour deux trous de rivets en face l'un de l'autre, dans les semelles. Nous sommes d'autant plus fondé à faire cette hypothèse, qu'elle est généralement admise aujourd'hui, et qu'elle correspond à la ligne possible de rupture, ainsi que nous l'avons constaté à Tarbes :

$$\mu = \frac{RI}{V} = \frac{0,858169}{13,2} = 0,06501\ R$$

$$I = 0,06501 \times 1,10 = 0,07151.$$

Le coefficient de travail représentant la fatigue moléculaire par millimètre carré de section nette, est :

$$R = \frac{251\ 800}{0,06501 \times 10^6} = 3,87\ kg \text{ par millimètre carré.}$$

La flèche, au milieu de la portée, est donnée par la formule :

$$f = \frac{1}{EI} \times \frac{5pl^4}{384}$$

Le module d'élasticité E est, pour de l'acier, de 22×10^9.

En effectuant les calculs on trouve que la flèche f est de 32*mm*.

Or, la flèche observée est de . . . . 59 *mm*

Si nous retranchons la flèche trouvée théoriquement, flèche élastique 32

Il reste, flèche permanente. . . . 27 *mm*

Cette flèche permanente de 27 *mm* est due aux assemblages, tant par rivets que par boulons.

Il n'a pas été observé de dénivellation entre les poutres avant l'entrée du train sur le pont, mais seulement au cours de la première épreuve statique.

On peut donc dire que les poutres se sont comportées également sous le propre poids du pont, sans charge.

2° Première épreuve statique.

(Le train d'essai couvre une moitié de la travée)

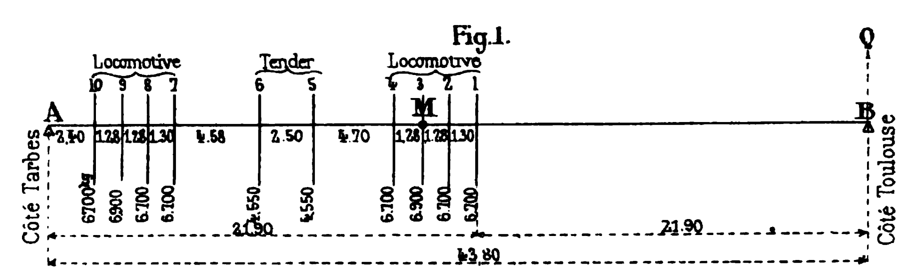
Dans cette première épreuve, le train s'est avancé au petit pas de l'homme jusqu'à ce que le premier essieu soit arrivé au milieu de la travée. La position du train donnant pour 10 essieux une surcharge totale de 63 100 *kg* est figurée ci-après *(fig. 1)*.

La surcharge a été la suivante :

1° Une locomotive (4 essieux) moitié	. . . . . .	27 000 *kg*
2° Un tender (2 essieux)	—	9 100
3° Une locomotive (4 essieux)	—	27 000
		63 100 *kg*

Le moment fléchissant maximum correspond à la roue n° 3, au point M, distant du milieu de la portée de 1,30 + 1,28 = 2,58 *m*.

Fig. 1.



La réaction Q sur la culée, côté Toulouse, se calcule en prenant les moments par rapport au point A.

$$\Sigma Pd = Q \times 43,80$$

$$Q = \frac{765\,570}{43,80} = 17\,480\ kg$$

Par rapport au point M (3e essieu) $\mu =$ . . . . . 402 050 *kgm*

La charge due au poids mort produit sous ladite roue n° 3, un moment fléchissant exprimé par :

$$\frac{pl^2}{8} - \frac{p}{2} d^2 = \ldots\ldots\ldots \quad 248\,350$$

Moment fléchissant maximum total . . 650 400 *kgm*

Le coefficient de travail R par millimètre carré de section nette est :

$$R = \frac{650\,400}{0,0651} = 10 \ kg \text{ par millimètre carré}$$

Calculons la flèche due à la surcharge :

$$f = \frac{1}{EI} l^3 \Sigma Pu$$

$$\Sigma Pu = 860$$

$$f = 0,045$$

La flèche théorique, avec $E = 22 \times 10^9$ est donc de 45 *mm*.

Or, on a observé une surflèche réelle de 58 *mm* due à la surcharge. Il est vrai que cette observation a été faite au milieu de la longueur, mais elle eût donné un résultat très sensiblement le même si elle l'avait été au point considéré. Il y a presque concordance.

La surflèche a été prise sur une mire dans l'axe et au milieu du pont. Il a été observé pendant la première épreuve, au milieu de la travée, une dénivellation de 24 à 25 *mm* entre les deux poutres, le point bas vers l'amont de l'Adour.

Il en résulte que la surflèche de 58 *mm* observée par les opérateurs, implique que la surflèche était de 46 *mm* seulement sur la poutre aval, tandis qu'elle était de 70 *mm* sur la poutre amont.

Ajoutons aussi qu'après le retrait du train d'épreuve, on a constaté que le pont n'était pas remonté à sa position initiale, car la flèche de 59, sous le propre poids, s'était augmentée de 12 *mm* puisque la flèche permanente, après la première épreuve, était de 71 *mm*.

La surflèche pour la poutre aval de 46 *mm* peut donc ainsi se décomposer :

Flèche élastique	45	46
— permanente	1	

Pour la poutre amont, la surflèche de 70 *mm* se décompose en :

Flèche élastique	45	70
— permanente	25	

En récapitulant les flèches dues au poids propre et à la charge de la première épreuve, on trouve :

Poutre aval . .	Flèche élastique . . .	77 *mm*
	— permanente . .	28
	Flèche totale . .	105 *mm*
Poutre amont .	Flèche élastique . . .	77 *mm*
	— permanente . .	52
	Flèche totale . .	129 *mm*

Pour la poutre aval, le rapport de la flèche totale et de la flèche théorique est: $\frac{105}{77} = 1,36$.

Pour la poutre amont ce rapport est: $\frac{129}{77} = 1,67$.

Ces chiffres correspondant à un coefficient de travail de 10 *kg* égal au tiers environ de la charge limite d'élasticité.

Ces rapports 1,36 et 1,67 définissent l'influence des assemblages par rivets et boulons. Il faut admettre que la poutre d'amont a été moins bien montée que la poutre d'aval, sinon elles se seraient comportées sensiblement de la même manière.

On admet pour les ponts entièrement rivés avec soin, que les flèches réelles sont trouvées en introduisant dans les formules, pour valeur de E, le nombre 16×10^9, au lieu de 19 à 20×10^9, généralement admis pour le fer ordinaire non fondu. Cela revient à dire que le rapport de la flèche totale à la flèche théorique est de 1,18 à 1,20.

L'influence du bon rivetage sur les flèches est donc de 18 à 20 0/0 pour le fer travaillant à 6 ou 7 *kg* par millimètre carré, au tiers environ de la charge limite d'élasticité.

L'influence du rivetage et du boulonnage sur les flèches dans les ponts Marcille a varié de 36 à 67 0/0 au pont provisoire sur l'Adour.

On peut donc dire sans crainte d'être démenti, que les assemblages des ponts militaires de ce type donnent une sécurité absolue. Les chiffres ci-dessus dénotent une mise en œuvre presque parfaite, tant aux assemblages à l'atelier par rivets, que sur place au montage par boulons.

3° Deuxième épreuve statique.

(Le train d'essai couvre une grande partie de la travée.)

Dans cette deuxième épreuve le train s'est avancé au petit pas de l'homme jusqu'à ce que le premier essieu de la deuxième locomotive soit arrivé à un mètre du milieu de la travée.

La position du train était donc la suivante, lorsque le pont s'est déversé sur l'amont *(fig. 2)*.

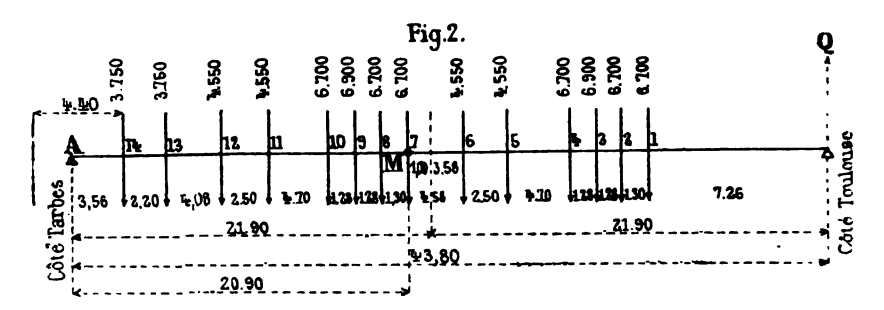


Fig.2.

La surcharge sur le pont a été la suivante :

Première locomotive et son tender,	6 essieux	72 200 *kg*
Deuxième — —	6 —	72 200
Un wagon chargé.	2 —	15 000
Total . . .	14 essieux	159 400 *kg*

soit par poutre $\frac{159\,400}{2} = 79\,700$ *kg* répartis sur 14 points.

Prenons les moments par rapport au point A, pour calculer la valeur de la réaction Q sur l'appui, côté Toulouse, laquelle nous servira pour déterminer le moment fléchissant maximum qui se trouve au droit de l'essieu n° 7, à 1 *m* du milieu de la travée.

$$\Sigma Pd = Q \times 43{,}80$$

$$Q = \frac{1\,822\,950}{43{,}80} = 41\,620 \text{ kg}$$

Au point M le moment fléchissant maximum est le suivant :

Pour la surcharge	530 139 *kgm*
Pour le poids propre	251 275
Moment fléchissant, total. . .	781 414 *kgm*

Le coefficient du travail R est de :

$$R = \frac{781\,414}{0{,}06501} = 12{,}02\ kg \text{ par millimètre carré.}$$

Il n'y a pas lieu de s'occuper des flèches, puisque la chute a eu lieu, mais les deux agents techniques qui observaient les appareils à l'intérieur du pont ont déclaré que jusqu'au moment où les deux petits bruits secs s'étaient fait entendre, les appareils avaient fonctionné régulièrement et n'avaient accusé rien d'anormal.

On peut donc affirmer que si le flambage des poutres ne s'était pas produit, le pont provisoire aurait subi avec entier succès, non seulement les épreuves statiques, mais aussi les épreuves par train de vitesse.

CALCULS DE RÉSISTANCE AU FLAMBAGE

Dans le cas qui nous occupe d'un pont avec voie supérieure, sans pièces de pont la supportant, le gauchissement ou flambage des poutres n'a pu être produit que par la deuxième cause, à savoir : les compressions exercées sur la semelle supérieure des poutres.

La formule suivante donne la longueur qu'il ne faut pas dépasser sans contreventement, parce que pour cette longueur, il se produit théoriquement une flexion mettant les pièces comprimées dans un véritable équilibre instable.

$$L < \sqrt[4]{\frac{32\pi^2 EIH}{p}} = \sqrt[4]{32\pi^2}\,\sqrt[4]{\frac{EIH}{p}}$$

$$= 4{,}2157\,\sqrt[4]{\frac{EIH}{p}}. \qquad \text{(A)}$$

L. — Longueur de la poutre.
E. — Module d'élasticité.
I. — Moment d'inertie minimum de la semelle supérieure.
H. — Hauteur de la poutre.
p. — Charge par mètre courant.

Pour les raisons plus haut indiquées, il faut appliquer un coefficient de sécurité égal à 2, c'est-à-dire qu'il faut introduire dans

la formule le coefficient numérique 16, en remplacement du chiffre 32.

Dans ce cas la formule ci-dessus devient :

$$L < 2\sqrt{\pi}\sqrt[4]{\frac{EIH}{p}} = 3{,}545\sqrt[4]{\frac{EIH}{p}} \qquad (B)$$

L'application de la formule B nous donne des longueurs maxima pratiques qu'il conviendra de ne pas dépasser sous peine d'avoir un ouvrage destiné à périr plus ou moins vite.

L'application de la formule A nous donnera des maxima maximum qu'il conviendra de ne pas atteindre, auquel cas la chute serait imminente.

Faisons les calculs dans les trois cas de la charge due au propre poids, de la première épreuve et de la deuxième épreuve.

Calculons d'abord le terme $\frac{EIH}{p}$ qui est dans les trois cas :

Nous savons déjà que $E = 22 \times 10^9$ et que $H = 2{,}20\ m$.

I. Moment d'inertie minimum par rapport à un axe vertical, puisque la plus grande raideur de la poutre est naturellement dans le sens vertical.

$I = \frac{ab^3}{12}$, a étant l'épaisseur de la semelle et b étant sa largeur.

Il faut ajouter le moment d'inertie des cornières rivées ensemble par l'intermédiaire de l'âme ; ce moment d'inertie équivaut à celui d'une plate-bande de 250×20, ou à celui d'une plate-bande de $600 \times 1{,}4$.

Le moment d'inertie, pour toute la section, est celui d'une semelle de $600 \times 40{,}4$.

$$I = \frac{ab^3}{12} = 0{,}0007272.$$

Remarquons que le moment d'inertie est constant sur toute la longueur de la poutre. La théorie des pièces chargées debout suppose cette constance. L'une des objections formulées disparait donc.

$$EIH = 22 \times 10^9 \times 0{,}0007272 \times 2{,}20\ m = 35\,196\,400.$$

1° Charge due au poids propre.

La charge par mètre courant de poutre est de : 1 050 *kg* = *p*

$$\frac{EIH}{p} = 33\,520 \quad \sqrt[4]{33\,520} = 13{,}53.$$

Formule B : L = 3,545 × 13,53 = 47,96 *m*.

La longueur maxima pratique est donc de 47,96 *m*. Or, les poutres n'ont que 43,80 *m*. Elles sont donc suffisamment raides par elles mêmes pour ne pas flamber sous leur propre poids.

2° Première épreuve statique.

La surcharge a été de 63 100 *kg* répartie seulement de la moitié de la longueur, et a donné un moment fléchissant de 402 050 *kgm*.

La charge répartie uniformément sur la longueur qui donnerait ce moment fléchissant se calcule par $p = \frac{8\mu}{l^2} = 1\,650$ *kg*, tandis qu'en réalité la surcharge de 63 100 *kg*, si elle avait été répartie sur toute la longueur, n'aurait donné pour *p*, qu'une valeur de 1 440 *kg*.

1er cas. — *p* total = 1 050 + 1 650 = 2 700 *kg*.

2e cas. — *p* = 1 050 + 1 440 = 2 490 *kg*.

Les formules étant établies en partant du moment maximum, nous pensons qu'il convient de prendre pour valeur de *p*, le chiffre de 2 700 *kg*.

$$\frac{EIH}{p} = 13\,030 \quad \sqrt[4]{13\,030} = 10{,}74.$$

Formule B : L = 3,545 × 10,74 = 38,07 *m*.

Formule A : L = 4,216 × 10,74 = 45,28 *m*.

La longueur maxima pratique est donc de 38,07 *m* tandis que les poutres ont 43,80 *m*. Elles étaient donc en danger de flambage ; elles ont résisté cependant, parce que la longueur maxima maximorum était de 45,28 *m*, un peu supérieure à la longueur des poutres entre appuis, ou même d'axe en axe des appuis, et aussi, notamment, parce que l'âme raidie par les montants verticaux et les entretoises horizontales, a apporté à la semelle une réaction plus influente que dans les cas ordinaires de la pratique.

3° Deuxième épreuve statique.

La surcharge a été de 79 700 *kg* répartis sur presque toute la longueur de la poutre, et a donné un moment fléchissant de 530 140 *kgm*. La charge uniformément répartie qui donne le même moment est :

$$\frac{8\mu}{l^2} = 2\,210 \ kg$$

ajoutons	1 050	poids propre
$p =$	3 260	

$$\frac{\text{EIH}}{p} = \frac{35\,196\,400}{3\,260} = 10796 \quad \sqrt[4]{10\,796} = 10{,}195.$$

Formule B : $\text{L} = 3{,}545 \times 10{,}195 = 36{,}14 \ m.$

Formule A : $= 4{,}216 \times 10{,}195 = 42{,}98 \ m.$

La longueur maxima pratique (36,14 *m*) ainsi que la longueur maxima maximum (42,90 *m*) sont donc dépassées puisque la longueur des poutres est de 43,80 *m*.

Le pont devait donc tomber, et il est tombé. Il ne pouvait pas supporter la charge du train d'épreuve même à l'état statique. *A fortiori*, ne pouvait-il supporter son passage en vitesse.

Il manquait au pont des pièces de contreventement.

Pour empêcher le déversement des poutres, il y avait l'un des moyens suivants :

1° Contreventements verticaux. — Il fallait placer entre les poutres une série de croix de Saint-André les triangulant dans le sens vertical. On aurait établi ainsi, de distance en distance, au droit de chaque montant vertical, un lien oblique, entre la semelle inférieure d'une poutre et la semelle supérieure de l'autre poutre, qui se serait opposé au flambage de celle-ci.

En effet, la semelle inférieure d'une poutre de pont à une travée, tend à rester droite parce qu'elle est soumise à des effets de traction ; les liens obliques constituent donc une série de haubans qui, suffisamment forts et bien attachés, s'opposent au flambage de la semelle supérieure, en exerçant sur elle une réaction horizontale de sens contraire à la flèche de flambage. On comprend qu'à la condition d'entretoiser les deux poutres

vers le haut entre les deux montants verticaux intérieurs, on obtient ainsi la solidarité voulue, et les croix de Saint-André verticales contreventent les deux poutres, en faisant obstacle au déversement, tant à droite qu'à gauche.

Les montants verticaux dont les poutres étaient munies, ont été placés pour éviter le flambage de l'âme sous les charges qui pèsent sur la partie supérieure des poutres. Ils n'ont pas eu d'autre fonction, dans l'esprit de l'auteur de l'ouvrage qui n'a attaché chaque montant à la semelle que par deux rivets de **15** *mm*.

2° Contreventement horizontal. — Il aurait fallu poser, au moins sur les deux semelles supérieures, un certain nombre de pièces obliques et croisées formant, avec les entretoises horizontales perpendiculaires, une double triangulation. Ces pièces auraient constitué, dans le plan supérieur du tablier métallique, une sorte de poutre à treillis à grandes mailles, dont le moment de résistance eût été cinq fois plus grand que la somme des moments de résistance des deux semelles simplement réunies par des pièces perpendiculaires. Cette poutre en treillis, en effet, aurait eu 2,10 *m* dans le sens de la résistance à des efforts horizontaux, au lieu de 0,60 *m* donné par chaque semelle.

Pour pouvoir absolument compter sur l'action complète de ce contreventement, non seulement pour s'opposer au flambage, mais aussi pour résister aux vents d'ouragan, il faudrait ajouter aux extrémités des poutres, au droit des sabots d'appui sur les culées, des pièces verticales suffisamment fortes pour pouvoir exercer dans le plan supérieur des réactions capables de s'opposer au renversement en bloc du pont : réactions qui auraient constitué, dans le plan horizontal, les deux butées de la poutre en treillis formant le contreventement horizontal.

Les deux contreventements dans le sens vertical et dans le sens horizontal auraient leur raison d'être pour un pont définitif ; mais pour un pont provisoire, comme un pont militaire, il eût suffi de placer l'un ou l'autre des deux systèmes de contreventement ; le plus simple à réaliser était celui consistant à placer les croix de Saint-André verticales entre les poutres. Cette addition aurait conduit à un excès de poids insignifiant.

Le pont militaire expédié d'urgence de Versailles n'avait donc pas de pièces de contreventement ni dans le sens vertical, ni dans

le sens horizontal. S'il en était ainsi, c'est parce que le Génie militaire avait considéré qu'il importait de réduire au minimum le nombre de séries de pièces semblables devant constituer un pont à construire devant l'ennemi, et qu'il importait aussi que les pièces fussent toutes robustes et de telle nature que le montage pouvait en être fait par des hommes inexpérimentés. Il lui avait paru que les pièces de contreventement, de déformation plus facile que les autres, pouvaient être évitées, d'autant plus que dans les cas de grande portée on pouvait suppléer à leur absence par des croix de Saint-André en bois ou tout autre moyen improvisé.

Je crois savoir qu'après l'accident du pont de Tarbes, une Commission spéciale a été nommée pour rechercher ce qu'il y avait à faire en vue d'être absolument à l'abri de tout accident pouvant être occasionné par le gauchissement des poutres ou par l'action du vent. Sur les indications de cette Commission le matériel des ponts militaires a subi les transformations qui font que dans tous les cas d'application, ce matériel donne une complète satisfaction. même par les vents les plus violents.

J'ai pensé qu'après quatre ans écoulés, alors que nos ponts militaires peuvent être aujourd'hui considérés comme parfaits. je devais entretenir la Société des Ingénieurs Civils de France d'un nouvel exemple de pont tombé par gauchissement, puisque les formules théoriques que j'ai données il y a vingt ans pour le calcul des contreventements reçoivent de nouveau la consécration de la pratique.

Les circonstances spéciales de l'accident ont été déterminées avec un soin et une exactitude qui ne se retrouvent qu'au cours d'essais officiels, alors que tous les faits sont exactements connus et notés et c'est ce qui augmente l'intérêt et l'importance de ce nouvel exemple d'application de ma théorie sur les contreventements.

Cette application indique que, pendant la première épreuve, le pont était en danger, et j'estime que les poutres auraient flambé, s'il n'y avait eu les trois circonstances suivantes :

1° Constance de la section, et par suite, du moment d'inertie :

2° Nombreux montants verticaux qui raidissaient l'âme ;

3° Excellente mise en œuvre, et excellent métal.

Le coefficient 2 de la pratique courante était trop fort dans l'espèce, en raison de ces trois circonstances exceptionnelles.

En ce qui concerne la deuxième épreuve statique, la formule indique que le pont devait inévitablement tomber, puisque la longueur théorique maxima a été dépassée. Si l'on tient compte du chemin parcouru par le train, alors que la rupture avait commencé, on peut dire que la chute s'est produite au moment même où le train est arrivé au point que la formule indique comme ne pouvant être dépassé.

NOTE SUR L'ESSAI

DES MÉTAUX A LA FLEXION PAR CHOC

DE BARREAUX ENTAILLÉS [1]

PAR

M. G. CHARPY

On a admis pendant longtemps que la *résistance vive* à la rupture d'un métal, définie par le travail nécessaire pour déterminer la rupture d'une éprouvette de traction, permettait de classer ce métal au point de vue de sa résistance aux actions les plus diverses. Un assez grand nombre de faits ont montré que cette opinion était erronée, qu'en particulier il ne semblait pas y avoir de corrélation entre la résistance d'un métal aux efforts dynamiques et sa résistance aux efforts statiques. Dans son ouvrage sur *Les métaux à l'Exposition de 1878*, M. Lebasteur dit à ce propos :

« Nous concluons avec le Jern Kontor.

» Il est impossible de parvenir à des résultats complets sur la » force des matériaux sans des épreuves au choc.

» Cette conclusion n'a d'ailleurs pas la prétention d'instituer » une nouvelle jurisprudence en matière d'essais de métaux. » Elle ne fait que sanctionner une pratique déjà ancienne, mais » qui n'a pas toujours été observée par les consommateurs et » dont il semble qu'on ait tendance à s'écarter depuis que les » essais de traction se sont répandus davantage dans la pratique » industrielle. »

Les essais au choc effectués usuellement portent sur des barrettes à section carrée reposant sur deux appuis et recevant en leur milieu le choc d'un mouton ; quelquefois la barrette est encastrée et reçoit le choc du mouton sur son extrémité libre.

Ces essais sont encore à peu près seuls spécifiés par les cahiers des charges pour vérifier l'absence de fragilité dans les métaux. Cependant, depuis quelques années, on tend à modifier ce procédé en préparant la rupture de la barrette par une entaille faite à l'outil.

(1) Voir planche n° 13.

La première application de ce procédé paraît avoir été faite par M. André Le Chatelier dans des expériences présentées en 1892 à la Commission Française des méthodes d'essai et qui n'ont pas fait l'objet d'une publication spéciale, mais dont on trouvera le résumé dans une note de M. Considère intitulée : *Sur la fragilité après écrouissage à froid et la fissilité*, et insérée dans les travaux de la Commission française des méthodes d'essai (tome III).

Dans cette note, M. Considère montre que certains aciers, qui donnaient des résultats normaux aux essais de traction et de pliage, apparaissaient au contraire extrêmement fragiles si l'essai de pliage était effectué sur une bandelette préalablement entaillée à froid sur une face ou écrouie localement par le poinçonnage d'un trou.

M. Considère signale les essais de M. André Le Chatelier, essais de choc sur barrettes carrées dans lesquelles on avait pratiqué à la scie une entaille de 1 *mm* de large et 1 *mm* de profondeur, et des essais analogues dus à M. Barba, essais de choc sur barrettes dans lesquelles on avait pratiqué avec une machine à raboter des entailles triangulaires de profondeurs variables.

M. Considère conclut de la façon suivante :

« Un fait se dégage, sans contestation possible, des expériences » diverses dont il vient d'être rendu compte. L'allongement de » traction et le pliage après trempe, regardés généralement » comme fournissant la mesure de la ductilité, ne donnent » *aucune indication* au sujet de la résistance à la rupture que les » métaux présentent lorsque leurs fibres soumises à un allonge» ment sont altérées par un écrouissage à froid ou interrompues » par une légère incision. On peut donc dire que les essais » usuels sont absolument insuffisants pour renseigner sur deux » des plus grands dangers qui menacent les métaux, tout au » moins dans les constructions rivées. »

Cette note, malgré la netteté de ses conclusions, n'a pas amené de modification dans la pratique des essais. La seule tentative d'introduction d'une nouvelle méthode de recette basée sur l'emploi de barreaux entaillés, dont nous ayons eu connaissance, a été faite par les Établissements de la Marine d'Indret, sur le rapport de M. l'Ingénieur des Constructions navales, Auscher. M. Auscher, tenant compte des observations de M. André Le Chatelier et de M. Barba, a adopté le mode d'essai suivant :

Les barreaux destinés à l'essai de fragilité sont à section carrée de 20 *mm* de côté ; ils sont encastrés et entaillés sur leurs quatre

faces, dans la section d'encastrement, au moyen d'un burin spécial donnant une entaille triangulaire équilatérale de 1 *mm* de côte.

Les barreaux doivent résister sans se rompre au choc d'un mouton de 18 *kg* tombant de 3 *m* de hauteur sur l'extrémité distante de 100 *mm* de la section d'encastrement.

Ces conditions ont été appliquées depuis 1894 à un certain nombre de marchés d'arbres de navires.

Si les essais sur barreaux entaillés n'ont pas pénétré dans la pratique, ils ont néanmoins fait l'objet d'un certain nombre de mémoires importants.

M. Barba a présenté en 1893 à la Commission des méthodes d'essai une note sur la fragilité des aciers dans laquelle il décrit le procédé d'essai suivant :

Les barreaux d'essai (prélevés dans des tôles) ont une longueur de 300 *mm* et une largeur de 30 *mm*. Dans ces barreaux on pratique à l'outil, et tous les 25 *mm* des entailles triangulaires sous un angle de 45°. La profondeur de ces entailles peut varier de quelques dixièmes de millimètres sans grande importance, mais « l'acuité de l'angle déterminant la longueur de la fibre » extrême soumise à la tension a besoin d'être bien réglée. Ce » fond de l'entaille est constitué par un arrondi dont le rayon » ne dépasse pas deux dixièmes de millimètre. Afin de conser» ver aux entailles une uniformité qui semble essentielle, elles » étaient après ébauchage terminées à un outil finisseur affûté » au gabarit par un ouvrier soigneux. »

M. Barba employait des profondeurs d'entailles variables avec l'épaisseur de la tôle. Il employait pour le choc un mouton de 18 *kg* tombant d'une hauteur variable sur l'extrémité libre du barreau encastré de façon que la section d'encastrement corresponde à la première entaille. Le porte à faux, c'est-à-dire la distance de l'axe du mouton au plan passant par le fond de l'entaille est de 22 *mm*. On peut déterminer successivement la rupture des différentes sections entaillées du barreau. M. Barba se proposait, pour caractériser exactement le degré de fragilité du barreau, de trouver la hauteur de chute précise amenant la rupture, c'est-à-dire pratiquement de déterminer deux hauteurs de chute différant d'une certaine quantité, par exemple 10 *cm*, et telles que la plus forte détermine la rupture du barreau, tandis que la plus faible ne sépare pas les deux parties.

En soumettant les différentes sections entaillées du barreau à des chocs du mouton tombant de hauteurs différentes, on déter-

minera ainsi deux limites du degré de fragilité du barreau, savoir : la hauteur maximum à laquelle le barreau a résisté et la hauteur minimum sous laquelle s'est produite la rupture. La moyenne de ces deux limites peut être considérée comme caractérisant le métal essayé au point de vue de la fragilité.

Le procédé que nous venons de décrire nous parait avoir l'inconvénient de nécessiter un assez grand nombre d'essais pour obtenir un résultat unique; il est de plus bien difficile d'obtenir d'une façon courante l'identité des entailles d'un rayon de deux dixièmes de millimètre, identité dont M. Barba proclame la nécessité.

L'originalité de cette méthode consiste dans le procédé qui permet d'obtenir une valeur numérique pour évaluer la fragilité d'un métal.

Cette évaluation numérique de la fragilité peut être obtenue d'une façon plus parfaite en mesurant la force vive que garde le mouton après avoir produit la rupture du barreau, en déterminant par conséquent le travail absorbé par la rupture. Deux solutions différentes du problème ont été réalisées par M. Russel et M. Fremont.

M. Russel a décrit dans une note présentée en 1897 à l' « American Society of civil Engineers » des « expériences avec une » nouvelle machine pour essayer les matériaux au choc ». La machine qu'il emploie a pour but de déterminer le travail absorbé par la rupture d'un barreau ; pour cela, le mouton employé se présente sous forme d'un pendule disposé de telle façon que lorsqu'on l'abandonne à lui-même après l'avoir écarté de sa position d'équilibre, il rencontre le barreau d'essai en passant par la position verticale, le brise et remonte ensuite librement sous l'influence de la vitesse acquise. La différence entre la hauteur de départ et la hauteur d'arrivée du pendule permet d'évaluer le travail absorbé par la rupture du barreau.

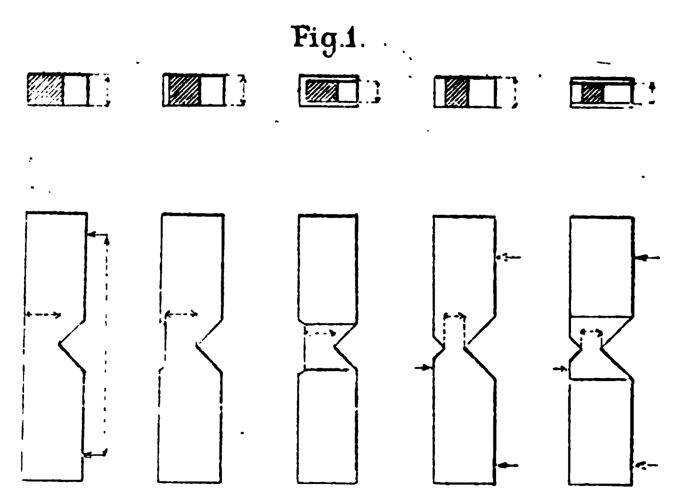
Le pendule employé est formé par une simple barre de métal, de 1 *m* de long, à section rectangulaire, oscillant autour d'un axe qui la traverse en une de ses extrémités. La hauteur de chute ne pouvait guère dépasser 0,25 *m*.

La hauteur à laquelle remonte le pendule après avoir brisé le barreau est marquée sur un cadran par une aiguille montée sur un pivot à frottement doux et que le pendule entraîne dans sa course.

M. Russel a étudié au moyen de cet appareil les matériaux les

plus divers, les bois, les briques, les pierres et les métaux. Pour ces matériaux, il employait généralement des barreaux à section régulière, et ce n'est que pour les métaux ductiles qu'il a reconnu la nécessité de déterminer la section de rupture par des entailles pour obtenir sûrement la rupture; il a employé les différentes formes d'entaille représentées ci-contre sans en recommander une particulièrement *(fig. 1)*.

Fig. 1.



M. Fremont, dans ses intéressantes recherches sur les méthodes d'essai des métaux, a étudié un procédé de mesure de la fragilité en déterminant la force vive restante d'un mouton après qu'il a brisé une éprouvette entaillée. Pour cela, le mouton vient après avoir produit la rupture de l'éprouvette, frapper sur deux ressorts qu'il comprime d'autant plus que sa force vive est plus considérable. Un index permet de lire la compression subie par les ressorts. M. Fremont détermine d'abord directement les compressions obtenues sur les ressorts en laissant tomber librement le mouton de différentes hauteurs; il obtient ainsi un diagramme qui lui sert dans ses essais à calculer la force vive correspondant à une compression déterminée des ressorts.

L'appareil de M. Fremont est décrit dans le ***Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*** du mois de décembre 1898.

L'éprouvette normale a 10 *mm* de large sur 8 *mm* d'épaisseur et 25 *mm* de longueur; elle repose sur deux appuis distants de 20 *mm* et est entaillée sur sa face inférieure d'un trait de scie de 1 *mm* de profondeur et 1 *mm* de largeur. Le mouton pèse 10 *kg* et tombe d'une hauteur de 4 *m*.

Dans une note récemment parue dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* (1). M. Barba a décrit des expériences effectuées en collaboration avec M. Le Blant au moyen d'un mouton qui, comme celui de M. Fremont, vient après rupture du barreau frapper sur des ressorts, mais dans lequel la force vive restante est mesurée, non d'après la compression des ressorts, mais d'après la hauteur à laquelle le mouton rebondit. Il y a à craindre, comme cause d'erreur, le frottement du mouton sur ses guides, frottement qui semble pouvoir prendre une valeur importante surtout dans le rebondissement du mouton qui n'est pas alors forcément lancé parallèlement aux glissières.

MM. Barba et Le Blant emploient des éprouvettes de 30 *mm* de largeur sur 12 *mm* d'épaisseur, recevant sur deux faces opposées des entailles triangulaires à fond aigu de 1 ou 2 *mm* de profondeur. Ces entailles sont commencées avec un outil de raboteuse et terminées au moyen d'un couteau d'acier trempé, à angle vif, que l'on place sur le fond de l'entaille et que l'on enfonce d'un demi-millimètre au moyen d'une presse.

Les barrettes sont encastrées de façon que la section entaillée coïncide avec la section d'encastrement ; elles reçoivent sur leur extrémité, à 35 *mm* de l'entaille, le choc d'un mouton de 25 *kg* dont la hauteur de chute, dans les essais décrits, est toujours restée inférieure à un mètre.

Enfin pour terminer cette revue des travaux relatifs à la question de l'essai sur barreaux entaillés, nous devons signaler deux mémoires récemment publiés dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, qui ont trait aux questions théoriques que soulève le mode d'essai plutôt qu'à la pratique même de cet essai. Dans le premier, M. Fremont cherche à relier les résultats obtenus dans l'essai de fragilité à la valeur relative des limites élastiques à la compression et à la traction ; dans le deuxième, MM. Fremont et Osmond étudient par d'ingénieuses méthodes la répartition des déformations dans les barreaux entaillés ou non entaillés soumis à l'essai de flexion.

II

De l'exposé qui précède, il ressort que les différents expérimentateurs qui ont étudié les essais de choc sur barreaux entaillés ont eu recours à des procédés très divers. Si, à la suite de

(1) Note sur quelques expériences de flexion par choc sur barreaux entaillés. Avril 1901.

ces expériences, les essais sur barreaux entaillés n'ont pas pénétré dans la pratique, cela provient sans doute des inconvénients que présente tout mode d'essai dont les différentes particularités ne sont pas susceptibles d'une définition rigoureuse. Or c'est ce qui se présente à un degré plus ou moins fort dans les procédés que nous avons décrits. Il nous a donc paru intéressant de décrire un procédé que nous employons depuis plusieurs années aux Forges Saint-Jacques de Montluçon (Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons).

Le point le plus délicat, dont tous les expérimentateurs ont reconnu l'importance, est la confection de l'entaille. Il est établi que la forme et les dimensions de l'entaille ont sur les résultats de l'essai une influence considérable. Il est donc de toute nécessité de régler d'une façon rigoureuse cette forme et ces dimensions.

L'entaille de forme triangulaire ne peut être obtenue à l'outil de raboteuse, car la pointe est trop sujette à s'émousser; le procédé qui paraît devoir donner le plus de régularité est celui de MM. Barba et Le Blant qui consiste à terminer l'entaille en enfonçant à la presse un couteau aigu. L'expérience montre que l'écrouissage produit dans ces conditions n'a pas grande influence sur les résultats de l'essai; il n'en serait pas moins très difficile de procéder ainsi dans la pratique car si un même couteau peut, pendant un certain temps, donner des résultats comparables, il est à peu près impossible de préparer deux couteaux ayant exactement le même arrondi; or, les résultats obtenus sont très différents suivant que l'arête du couteau est plus ou moins émoussée. Le même inconvénient se produit, plus accentué même, avec le burin recommandé par M. Auscher. L'essai de fragilité est beaucoup plus facile à réaliser quand le burin est légèrement émoussé par l'usage que quand il vient d'être refait à neuf; il y a là une source de contestations entre le fournisseur et l'acheteur qui rend presque impraticable ce mode d'essai.

L'emploi du trait de scie donne des résultats un peu plus réguliers, mais qui diffèrent encore notablement suivant que la scie est neuve ou a déjà servi un certain temps. Dans le premier cas, l'entaille est à section rectangulaire avec deux angles vifs; dans le second cas, elle est nettement arrondie, ce qui est une condition bien plus favorable pour l'essai.

En présence de ces difficultés, nous avons cherché un mode d'entaillage qui ne présente pas les inconvénients signalés plus haut. Celui que nous avons adopté, après de nombreux essais,

consiste à donner au fond de l'entaille un rayon bien défini et assez considérable pour que les variations inévitables dans le travail n'aient qu'une influence négligeable. On procède alors de la façon suivante :

On perce dans le barreau, au moyen d'une mèche hélicoïdale, un trou cylindrique que l'on finit en y passant un alésoir; on achève l'entaille en réunissant le trou à l'une des faces du barreau par un trait de scie.

On obtient ainsi une entaille de la profondeur que l'on désire et dont le fond a une forme cylindrique parfaitement déterminée, on conçoit que cette manière de faire ne donne lieu à aucune contestation et permette, par conséquent, d'éviter l'une des difficultés que présente l'emploi des barreaux entaillés.

On pourrait, semble-t-il, obtenir une entaille à fond arrondi au moyen d'un outil de raboteuse; dans la plupart des cas ce procédé donnera le même résultat que celui que nous venons de décrire, mais, si l'outil est légèrement écaillé, il se produira une strie dans le fond de l'entaille qui agira dès lors comme une entaille aiguë. Nous croyons donc qu'il est beaucoup plus sûr d'utiliser un outil qui travaille perpendiculairement à la direction de l'entaille, de façon que, s'il se produit par accident des stries, ces stries soient sans influence sensible sur les résultats de l'essai. La forme cylindrique est d'ailleurs la plus facile à définir et à réaliser d'une façon parfaite par perçage.

Les autres conditions de l'essai sont moins nettement déterminées par les conditions à remplir. Voici celles que nous avons adoptées avec les raisons qui ont motivé ce choix.

Nous employons des barreaux à section carrée de 30 × 30 *mm*, et éventuellement les barreaux de 20 × 20 *mm*, c'est-à-dire les barreaux les plus répandus pour les essais au choc, avec entaille à fond arrondi intéressant la moitié de l'épaisseur. Il reste donc une section de 15 × 30 *mm* pour les gros barreaux, de 10 × 20 *mm* pour les petits. Pour les tôles, nous prenons des bandes ayant soit 30 *mm*, soit 20 *mm* de largeur, suivant leur épaisseur et pratiquons les mêmes entailles que pour les barreaux, perpendiculairement aux faces de laminage. La section de rupture montre ainsi toute l'épaisseur de la tôle.

Les dimensions que nous avons adoptées sont relativement fortes, et cela pour deux raisons. D'abord, si on ne veut pas sacrifier l'exactitude des résultats, il est clair que la précision des expériences et de l'ajustage des barreaux doit être d'autant plus

grande que ceux-ci sont plus petits. On est donc conduit, si l'on emploie des barreaux très petits, à des précautions plus faciles à observer dans un laboratoire que dans un atelier. En second lieu, les défauts locaux prennent une influence d'autant plus grande que la section est plus petite, et il est complètement inutile, dans un essai de réception, d'exagérer l'importance de petites défectuosités locales dont on ne tiendra pas compte pour l'emploi du métal et qui, en fait, n'ont qu'une importance absolument négligeable sur la résistance des pièces réellement utilisées.

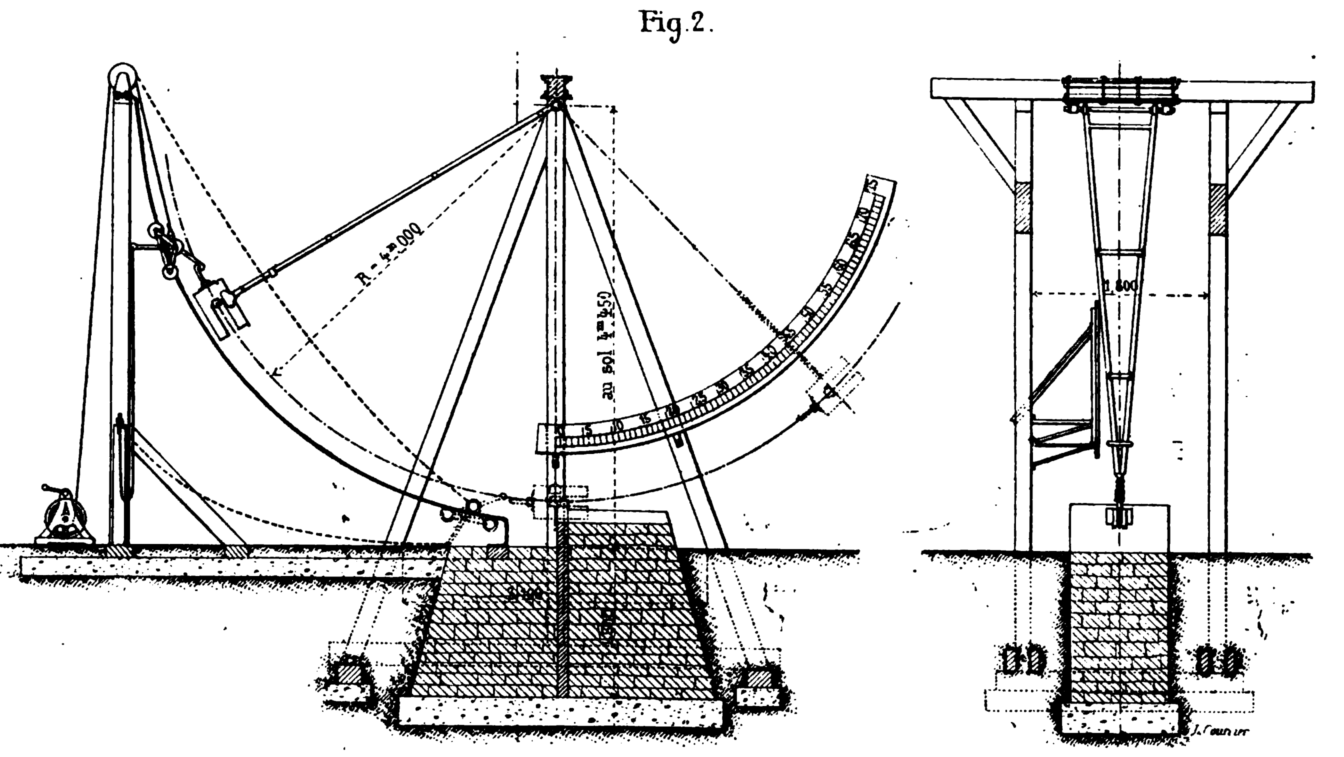
Le barreau peut être encastré ou simplement posé sur deux appuis. Nous préférons cette dernière disposition qui est plus simple et donne même plus de sécurité, car le serrage plus ou moins fort du barreau dans l'encastrement peut avoir de l'influence sur les résultats. De plus, le barreau encastré ne peut être plié qu'à 90°, tandis que le barreau reposant sur deux appuis peut sans difficulté être plié jusqu'à 60° ; avec l'entaille que nous employons, il arrive fréquemment, pour les aciers doux, que la rupture a lieu pour des angles compris entre 60° et 90°.

Nous avons adopté 12 *cm* comme écartement des appuis ; le mouton employé est le mouton réglementaire pour les essais de la marine, pesant 18 *kg;* la panne a été modifiée de façon à permettre le pliage à 60°. On soumet le barreau à une série de chocs à partir d'une hauteur constante et on compte le nombre de chocs nécessaire pour produire la rupture ainsi que l'angle sous lequel se produit la rupture. Ces deux données permettent de classer très nettement les différents métaux. Si, ce qui est tout à fait exceptionnel, le barreau n'est pas rompu quand il arrive à 60°, on achève le pliage à la presse ou au pilon et on note l'angle de rupture.

En somme, nous revenons à la plupart des conditions d'essai adoptées par M. André Le Chatelier dans ses premiers essais, conditions qui nous paraissent supérieures au point de vue pratique à la plupart de celles qui ont été proposées depuis. Les seules modifications portent sur la façon de faire l'entaille, pour laquelle une forme cylindrique permet une définition précise et sûre, et dont l'influence se trouve exagérée par une augmentation de profondeur qui permet d'obtenir la rupture de presque tous les aciers, même les plus doux.

Si le mode d'essai très simple que nous venons d'indiquer nous paraît préférable au point de vue de la pratique des essais

Fig.2.



de réception, il n'en est pas moins vrai qu'il y a grand intérêt. pour développer nos connaissances sur les propriétés des métaux, à déterminer numériquement le travail absorbé par la rupture. Pour cette mesure, le procédé du mouton-pendule nous paraît nettement supérieur à l'emploi des ressorts, dont le fonctionnement sous l'influence d'un choc paraît être extrêmement compliqué et bien difficile à soumettre au calcul.

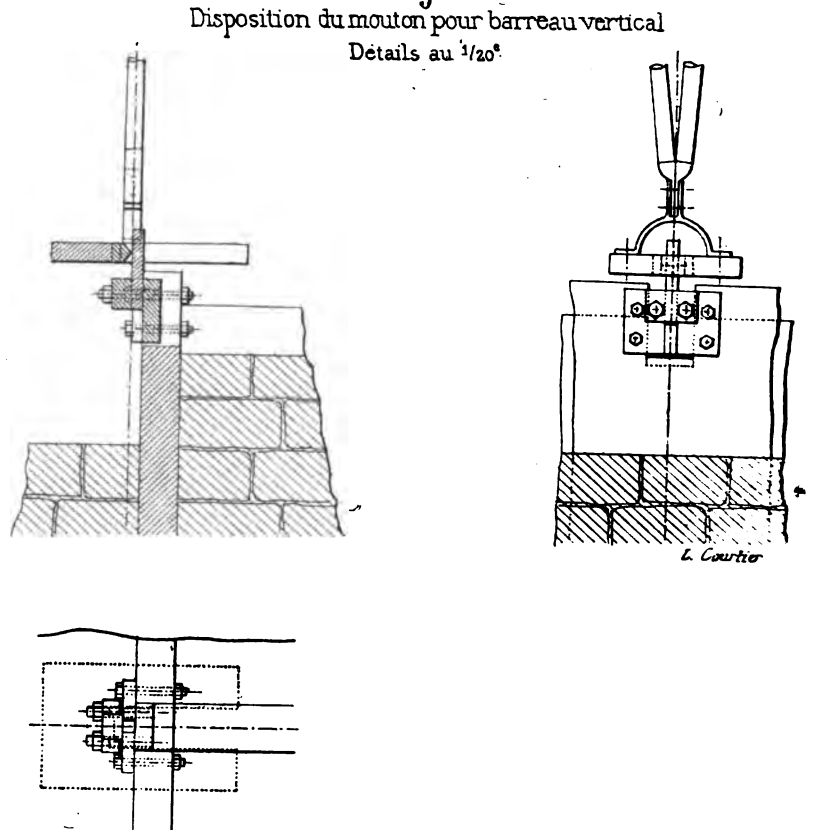


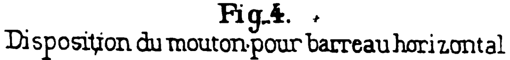
Fig. 3.
Disposition du mouton pour barreau vertical
Détails au 1/20e

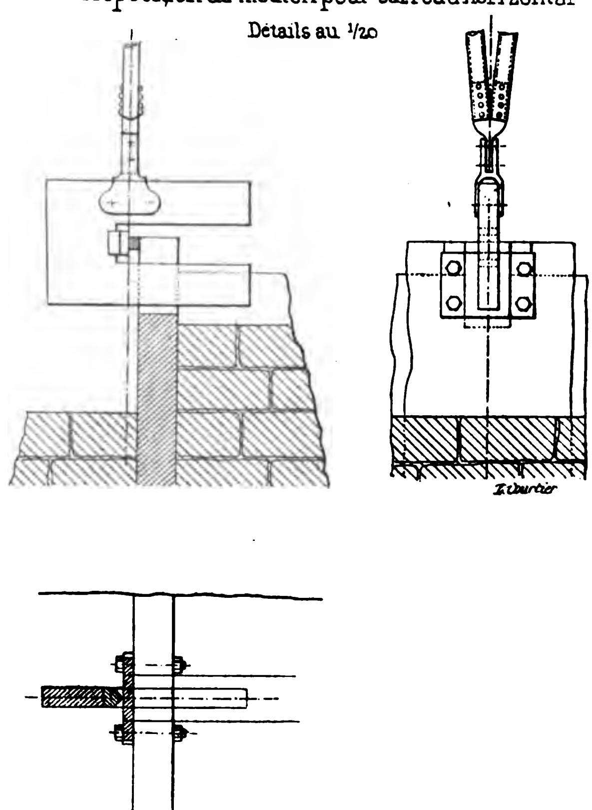
Nous avons construit un pendule pour essais de choc qui fonctionne d'une façon satisfaisante. Cet appareil est représenté par les figures 2, 3 et 4.

Le mouton, formé par une plaque de métal pesant 50 *kg*, découpée de façon que le couteau qui produit le choc coïncide avec le centre de gravité, est suspendu, par un triangle formé par des tubes sans soudure très légers, à un portique en charpente :

le pendule ainsi formé oscille autour d'un axe monté sur pointes, dont le frottement, facile à évaluer par une expérience à blanc, est extrêmement faible. La forme triangulaire de la tige de suspension guide très exactement le mouton qui oscille toujours dans le même plan vertical. La distance de l'axe au couteau et, par conséquent, au centre de gravité du mouton est de 4 *m*.

Le barreau à rompre est placé sur deux supports contre une


Fig. 4.
Disposition du mouton pour barreau horizontal



plaque métallique formant chabotte, pesant 1 600 *kg*, enfoncée dans le sol et scellée dans un massif en maçonnerie de 5 m^3. Deux arcs de cercle placés de part et d'autre du portique servent, l'un à accrocher le mouton à des hauteurs variables au moyen d'un déclic que l'on manœuvre ensuite par une corde ; l'autre arc de cercle supporte un tableau sur lequel marque un pinceau fixé au pendule qui enregistre ainsi la hauteur à laquelle le mouton re-

monte après avoir produit la rupture du barreau ; cette hauteur est d'ailleurs facile à observer directement par suite de la lenteur de l'oscillation. La différence des hauteurs de départ et d'arrivée du mouton multipliée par son poids, mesure le travail absorbé par la rupture.

Le mouton peut être attaché au pendule de façon que l'arête du couteau soit horizontale ; il permet alors de rompre des barreaux encastrés dans un support spécial que l'on fixe par des boulons à la plaque-chabotte.

La perte due aux résistances passives est facile à évaluer par une expérience à blanc en suivant la décroissance de l'amplitude des oscillations du mouvement oscillant librement.

On peut ainsi calculer la perte due aux résistances passives pour chaque valeur de l'amplitude et dresser un tableau de correction de la hauteur observée pour l'ascension du mouton. Voici quelques valeurs de ces corrections :

Amplitude en degrés.	Hauteur observée.	Correction de hauteur.
30°	0,53 *m*	0,008 *m*
42°	1,02 *m*	1,017 *m*
52°	1,54 *m*	0,028 *m*
60°	2,00 *m*	0,030 *m*
68°	2,50 *m*	0,040 *m*
76°	3,00 *m*	0,070 *m*

L'influence des frottements est donc toujours très faible ; la perte de travail est, en général, inférieure à 2 0/0 ; comme cette perte est connue assez exactement, l'erreur après correction devient tout à fait négligeable.

En dehors de cette cause d'erreur, la seule qui puisse intervenir dans la mesure du travail nécessaire à la rupture du barreau est la force vive imprimée aux fragments du barreau ; cette force vive est toujours assez faible et facile à calculer, d'une manière approximative, en supposant que les fragments du barreaux prennent une vitesse égale à la vitesse restante du mouton, ce qui est très voisin de la vérité. Le poids du barreau étant au plus la 50e partie du poids du mouton, il s'ensuit que la fraction de force vive absorbée est très faible. Après correction, l'erreur provenant de ce chef est encore plus petite et peut être considérée comme sûrement bien inférieure à 1 0/0 de la force vive totale.

En résumé, la mesure du travail de rupture d'un barreau entaillé avec l'appareil que nous venons de décrire nous semble devoir être obtenue avec une erreur inférieure à 1 0/0, c'est-à-dire avec une précision analogue à celle que donnent la plupart des méthodes d'essai mécaniques des métaux.

III

Il n'est pas facile d'apprécier la valeur relative de deux procédés d'essai des métaux. Les essais mécaniques des métaux fournissent des données d'une complexité telle qu'il est impossible d'en déduire des coefficients numériques et de leur attribuer une valeur absolue ; quand un essai de traction indique pour un métal une résistance de 50 *kg*, nous ne pouvons attribuer à ce chiffre, qui dépend essentiellement des conditions de l'essai, aucune signification absolue ; la seule conclusion que nous pouvons en tirer est que le métal résisterait mieux à un effort de traction qu'un autre métal qui, dans les mêmes conditions d'essai (dimensions d'éprouvette, vitesse de traction, etc...) accuserait une résistance de 45 *kg*.

Il ne faut donc voir dans les essais mécaniques qu'un moyen d'identifier les différents métaux et de les classer les uns par rapport aux autres, sans prétendre en déduire la connaissance de leurs propriétés élémentaires.

D'après cela, pour comparer entre eux deux procédés d'essai, la seule marche à suivre nous paraît être d'appliquer ces procédés à une série de métaux et d'examiner comment se classent ces métaux les uns par rapport aux autres dans les deux cas.

Des considérations qui précèdent il faut aussi déduire la conclusion que les seuls essais à examiner sont ceux qui reproduisent d'une façon plus ou moins approchée les conditions qui se rencontrent dans la pratique des constructions. A ce titre, les essais sur barreaux entaillés présentent un intérêt certain puisque dans toute machine ou construction, il y aura toujours des pièces présentant des sections affaiblies.

Pour comparer l'essai sur barreaux entaillés aux essais usuels de traction et de choc sur barreaux non entaillés, nous avons pris 25 barres provenant de 25 coulées différentes d'acier doux de qualité courante pour laminés. Dans chacune de ces barres on a découpé : 1° Un barreau de traction de 13,8 *mm* de diamètre et 100 *mm* entre repères ; 2° un barreau carré pour essai

de choc de 30 × 30 *mm*; 3° trois barreaux carrés de 30 × 30 *mm* qui ont reçu une entaille à fond cylindrique de 4 *mm* de rayon et 15 *mm* de profondeur et qui ont été essayés, le premier avec un mouton de 18 *kg* tombant d'une hauteur de 2 *m* (soit 36 *kgm* par coup), le second avec un mouton de 12 *kg* tombant d'une hauteur de 2,75 *m* (soit 33 *kgm* par coup); enfin, le troisième avec un mouton pendule de 50 *kg* tombant d'une hauteur de 3 *m*. Voici les résultats obtenus dans ces différents essais.

1° Essais de traction.

Les barreaux sont classés par ordre de résistances croissantes : ces résistances varient de 34,8 *kg* à 50,1 *kg*. Les allongements et les strictions sont variables mais ont toujours des valeurs assez élevées, toutes les cassures sont normales :

Nos d'ordre.	Limite élastique.	Résistance.	Allongement.	Striction.
1	22,1	34,8	33	68
2	23,1	35,2	34	67,6
3	22,1	35,4	35	67,3
4	23,4	36,1	32	68
5	22,7	36,1	36,5	70,5
6	22,7	37,4	33	67,2
7	23,2	37,7	29	53,7
8	23,4	38,1	32,5	66,4
9	24,7	38,1	34,5	69,7
10	24,1	39,4	29	60,3
11	24,7	39,4	29	62,2
12	24,1	39,4	33	62,2
13	27,7	39,7	29	63,9
14	24,1	40,1	33	68,9
15	24,7	40,8	31	57,5
16	25,4	40,8	29	46,5
17	28,1	41,8	29	59,3
18	26,1	41,8	29	60,3
19	24,7	41,8	32	62,9
20	24,1	42,1	29	55,6
21	26,1	42,8	35	66,4
22	28,1	43,5	32	61,2
23	28,1	46,8	30	62,9
24	28,7	48,1	30	61,2
25	30,1	51,1	25,5	63,9

2° Essais de choc sur barreaux non entaillés de 30 × 30.

Les barreaux ont d'abord supporté 15 coups d'un mouton de 18 *kg* tombant d'une hauteur de 2,75 *m*. Aucun n'a cassé. On a ensuite achevé le pliage au marteau-pilon ; tous les barreaux ont pu être pliés à bloc sans présenter de criques notables.

Les 25 métaux examinés seraient donc, d'après les essais ordinaires, classés tous comme de bonne qualité et sensiblement équivalents. Les essais suivants indiquent, au contraire, des différences notables.

3° Essais au choc sur barreaux entaillés.

Nous prenons comme point de départ l'essai avec le mouton de 12 *kg* tombant de 2,75 *m* et classons les barreaux d'après le nombre de coups qu'ils ont reçus dans cet essai avant rupture. Les colonnes suivantes donnent les angles de rupture et les nombre de coups supportés dans les autres essais. Avec le mouton de 50 *kg*, tous les barreaux ont cassé au premier choc et on a évalué le travail de rupture d'après la hauteur à laquelle est remonté le mouton.

L'examen de ce tableau permet d'énoncer un certain nombre de résultats.

1° Il n'y a aucune corrélation entre les résultats des essais de traction et ceux des essais de choc sur barreaux entaillés ; ni la résistance, ni l'allongement, ni la striction ne fournissent aucune indication sur les résultats de l'essai de flexion sur entaille :

Les différents métaux paraissaient tous de qualité comparable d'après les essais de traction et de flexion par choc ; les résultats des essais sur barreaux entaillés tendent au contraire à montrer que les métaux n°s 20, 6, 4, 12, 13, 3 et 2 sont nettement inférieurs aux autres et pourraient donner lieu en service à de graves mécomptes.

2° Si l'on tient compte de ce que le nombre de kilogrammètres correspondant à un coup de mouton n'est pas tout à fait le même dans les deux cas, que par conséquent les nombres de coups de mouton ne doivent se correspondre qu'à une unité près, que d'autre part, les pannes des moutons ne sont pas identiques (celle du pendule est bien plus aiguë que les autres), ce qui influe sur l'angle de rupture, on trouve que les différents essais

NUMÉRO du BARREAU	ESSAI AU MOUTON de 12 *kg* HAUTEUR DE CHUTE 2,75 *m* 33 *kgm* par coup.		ESSAI AU MOUTON de 18 *kg* HAUTEUR DE CHUTE 2 *m* 36 *kgm* par coup.		ESSAI AU MOUTON-PENDULE de 50 *kg* HAUTEUR DE CHUTE 2 *m*	
	Nombre de coups de mouton.	Angle de rupture.	Nombre de coups de mouton.	Angle de rupture.	Travail absorbé en *kgm* par cent. carré de section.	Angle de rupture.
20	1	179°	1	175°	1,84	173°
6	1	176°	1	177°	2,64	175°
4	1	175°	1	176°	3,46	171°
12	1	175°	1	172°	3,34	171°
13	1	177°	1	170°	4,0	173°
3	1	168°	**3**	**135°**	**18,2**	**136°**
2	1	172°	**2**	**162°**	4,1	173°
1	2	153°	2	148°	**18,3**	**133°**
25	3	150°	2	156°	14,0	156°
8	3	141°	3	145°	**23,6**	**129°**
17	3	139°	3	140°	16,8	143°
16	4	144°	3	145°	18,0	138°
23	4	143°	3	141°	16,3	146°
24	4	146°	3	148°	18,7	143°
11	4	143°	3	145°	15,9	144°
7	4	139°	3	146°	20,9	132°
18	4	137°	3	142°	**25,2**	**128°**
10	4	135°	3	144°	16,8	142°
14	4	132°	3	141°	18,7	131°
9	4	130°	4	139°	21,6	130°
19	4	144°	4	130°	20,2	139°
22	4	140°	4	140°	20,9	141°
21	5	131°	5	129°	23,5	131°
5	6	115°	5	120°	32,0	116°

de chute sont assez concordants ; ils montrent, que toutes choses égales d'ailleurs, le nombre de coups de mouton supporté est d'autant plus grand que l'angle de rupture est plus petit, c'est-à-dire que le barreau a plié davantage avant de rompre ; le travail absorbé par la rupture du barreau, tel que le mesure l'essai au mouton-pendule, augmente aussi à mesure que l'angle de rupture diminue.

Les trois grandeurs, angle de pliage, nombre de coups de mouton, travail de rupture varient donc de la même façon et peuvent servir indifféremment pour le classement des métaux.

Le tableau précédent présente bien, à ce point de vue un certain nombre d'anomalies; ce sont les chiffres en caractères gras; mais si on les examine attentivement, on verra que ces anomalies portent simultanément sur l'angle de rupture et sur le nombre de coups de mouton ou le travail absorbé ; elles doivent donc être attribuées à des différences entre les barreaux provenant d'une même barre plutôt qu'à des irrégularités dans les essais.

Nous n'avons en effet pas pris de mesures spéciales pour éviter ces irrégularités dans cette première série d'essais destinée à montrer que, sur des métaux de fabrication absolument courante, et pris au hasard dans un magasin d'aciers, des différences importantes pouvaient passer inaperçues avec les essais ordinaires et devenir apparentes au contraire par l'essai sur barreaux entaillés.

Mais si l'on veut examiner l'influence qu'ont, sur les résultats de l'essai au choc de barreaux entaillés, diverses particularités telles que la forme et la profondeur de l'entaille, la hauteur de chute, etc., il est de toute nécessité d'éliminer les différences provenant des barreaux eux-mêmes. On sait qu'à ce point de vue, on ne peut considérer comme identiques des barreaux prélevés dans des pièces provenant d'une même fabrication, les différences pouvant atteindre des valeurs considérables.

Pour éliminer autant que possible cette cause d'erreur, nous avons procédé de la facon suivante. Un fragment d'acier extra-doux (de la qualité tôles de chaudières) pris dans la région la plus saine d'un lingot dont il ne représente que la cinquantième partie environ a été étiré au marteau-pilon puis laminé en barres. En prenant un petit fragment d'un gros lingot on évite les effets de ségrégation et les barreaux pris à la suite les uns des autres dans une barre laminée peuvent être considérés comme identiques. Les barres ont été découpées en fragments de 16 *cm* de

longueur au moyen desquels on a constitué trois groupes de barreaux ; chaque groupe a été soumis à un traitement thermique différent, dans des conditions déterminées de façon que tous les barreaux d'un même groupe, traités simultanément d'ailleurs, fussent bien soumis identiquement aux mêmes températures.

On a constitué ainsi trois groupes de barreaux que nous désignerons par les lettres A. B. C, qui sont tous identiques au point de vue de la composition chimique, ces différents groupes ayant été soumis à des traitements thermiques différents; ces traitements sur lesquels il n'y a pas lieu d'insister ici, ont été déterminés de façon à créer des différences entre les métaux mais sans les détériorer d'une facon définitive. On s'est assuré que le métal à l'état A pouvait par un nouveau traitement être ramené à l'état B ou C et inversement.

On a effectué ensuite différents essais en vue de caractériser et différencier ces états A. B. C.

Les essais de traction ordinaire, sur barreaux de 13,8 *mm* de diamètre et 100 *mm* entre repères, ont donné les résultats suivants :

Désignation du métal	Limite élastique	Résistance maximum	Allongement 0/0	Striction
A	22,7	33,7	37,5	77,8
B	23,1	34,5	36	76,4
C	33,9	43,6	29,5	77,1

Les deux états A et B sont donc pratiquement identiques au point de vue de l'essai de traction ; l'état C est notablement plus dur.

Nous avons également effectué sur les trois métaux des essais de compression sur des cylindres de 26 *mm* de hauteur et 13 *mm* de diamètre, le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Désignation du métal	Limite élastique par *mm*²	Hauteurs restant sous des charges de 9 000 *kg*	15 000 *kg*	20 000 *kg*
A	36	23	18,3	15,2
B	36,7	23,6	18,3	15.1
C	54,5	24	21	17

Les deux métaux A et B sont encore pratiquement identiques, le métal C étant notablement plus dur. Si on détermine le rapport des limites élastiques à la traction et à la compression on trouve la même valeur dans les trois cas, 0,63 pour A, 0,63 pour B, 0,622 pour C.

Les trois métaux ont été essayés au choc sous forme de barreaux carrés de 30 × 30 *mm* essayés sur couteaux distants de 16 *cm* avec un mouton de 18 *kg* tombant de 2,75 *m* de hauteur. Aucun des barreaux n'a cassé et tous les trois ont pu être pliés à bloc au marteau-pilon sans présenter de criques. L'essai de flexion par choc ne fait donc ressortir aucune différence entre les métaux A. B. C.

Au contraire l'essai de choc sur barreaux entaillés à fait ressortir une différence profonde entre ces métaux.

Les barreaux de 30 × 30 de section entaillés sur la moitié de leur épaisseur par une entaille à fond arrondi (rayon de 4 *mm*), et essayés sur couteaux distants de 12 *cm* avec un mouton de 18 *kg* tombant de 2,75 *m* de hauteur, ont donné les résultats suivants :

Désignation du métal	Nombre de coups de mouton avant rupture	Angle de rupture
—	—	—
A	5	45°
B	1	166°
C	7	52°

La différentiation est ici très nette; les métaux A et C cassent sensiblement sous le même angle, mais il faut un plus grand nombre de coups de mouton pour amener à cet angle de rupture le métal C dont la résistance est plus élevée. Quant au métal B, il apparait nettement fragile, présente une cassure à grain et un angle de rupture très grand, ce que rien dans les essais précédents ne faisait soupçonner.

Nous avons cherché si cette différentiation subsistait quand on modifiait les conditions de l'essai, et avons essayé successivement le choc à une hauteur moindre, la flexion statique, les entailles à fond rond et à fond aigu de différentes profondeurs; les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

1° ENTAILLE A FOND ROND DE 4 *mm* DE RAYON.

Mouton de 18 kg. *Hauteur de chute 1,50* m.

Désignation du métal.	Nombre de coups avant rupture.	Angle de rupture.
A	11	60°
B	5	115°
C	10	62°

2° ENTAILLE TRIANGULAIRE A FOND AIGU DE 15 *mm* DE PROFONDEUR.

Mouton de 18 kg. *Hauteur de chute 1,50* m.

Désignation du métal.	Nombre de coups avant rupture.	Angle de rupture.
A	7	110°
B	4	150°
C	10	63°

3° ENTAILLE TRIANGULAIRE A FOND AIGU DE 3 *mm* DE PROFONDEUR.

Mouton de 18 kg. *Hauteur de chute 1,50* m.

Désignation du métal.	Nombre de coups avant rupture.	Angle de rupture.
A	21	20°
B	6	118°
C	30	15°

4° ENTAILLE A FOND ROND DE 4 *mm* DE RAYON. PROFONDEUR 15 *mm*.

Essayé à la pression statique.

Désignation du métal.	Angle de rupture.	Effort maximum par millimètre carré.
A	18°	6,2 *kg*
B	98°	7,3 *kg*
C	36°	8,2 *kg*

5° ENTAILLE TRIANGULAIRE A FOND AIGU. PROFONDEUR 15 *mm*.

Essayé à la pression statique.

Désignation du métal.	Angle de rupture.	Effort maximum par millimètre carré.
A	62°	7,1 *kg*
B	100°	7,8 *kg*
C	31°	8,6 *kg*

6° ENTAILLE TRIANGULAIRE A FOND AIGU. PROFONDEUR 3 *mm*.

Essayé à la pression statique.

Désignation du métal.	Angle de rupture.	Effort maximum par millimètre carré.
A	23°	10,9 *kg*
B	75°	10,5 *kg*
C	50°	13,1 *kg*

On voit, en examinant ces tableaux, que la différence observée entre les métaux A, B, C pour le premier essai au choc décrit et qui se manifeste surtout par les différences des angles de rupture se retrouve dans ces différentes épreuves, mais avec plus ou moins de netteté; on peut dire que, toutes choses égales d'ailleurs, la différentiation est plus nette par l'essai au choc que par l'essai à la flexion statique, et plus nette pour les grandes hauteurs de chute que pour les petites; à profondeur égale, les entailles à fond aigu font plus ressortir la différence que les entailles à fond rond, et, avec la même forme, les entailles agissent d'autant plus qu'elles sont plus profondes. Mais, dans tous les essais, on observe que le métal B se brise plus facilement et sous un angle notablement plus grand d'une part que le métal A qui a le même essai de traction, d'autre part que le métal C qui paraît sensiblement plus dur à l'essai de traction.

Le fait que la différence que l'on vient d'indiquer s'observe aussi bien dans les essais par pression statique que dans les essais au choc semble indiquer qu'il ne s'agit pas là d'une fragilité plus ou moins grande. La différence observée entre les métaux A, B, C, peut être mise en évidence simplement par la localisation de la déformation due à l'entaille, et non par l'emploi d'une action dynamique. S'il en est ainsi, on doit pouvoir retrouver cette différence dans d'autres essais que l'essai de flexion, à condition de localiser la déformation par une entaille.

En essayant, en effet, des barreaux de traction dans lesquels on a pratiqué une entaille circulaire on observe bien entre les métaux A, B et C une différence qui est surtout nette sur la cassure; celle du métal B est à grains, tandis que les cassures des métaux A et C sont nettement nerveuses, comme cela se présente dans l'essai de flexion sur barreaux entaillés. En même temps, la déformation de la partie entaillée est nettement plus faible pour

B que pour A et C, mais ces déformations dans l'intérieur de l'entaille sont trop difficiles à mesurer pour qu'on puisse en donner des valeurs numériques.

Avant de tirer des déductions des résultats qu'on vient de voir, nous rapporterons une deuxième série d'essais analogues, effectués sur un métal spécial de nuance assez dure.

Des barres laminées de ce métal, préparées avec les précautions indiquées plus haut ont été soumises à deux traitements thermiques différents qui ont permis de réaliser deux états que nous désignerons par les lettres D et E.

Sur ces métaux D et E, nous avons effectué les mêmes séries d'essais que sur les métaux A, B, C. Les résultats sont résumés ci-dessous.

ESSAIS DE TRACTION SUR BARREAUX DE 13,8 *mm* DE DIAMÈTRE ET 100 *mm* ENTRE REPÈRES.

Métal.	Charge maxima.	Allongement 0/0.	Striction.
D	97,5	13,4	57,5
E	93,7	15,0	57,5

Les résultats obtenus à l'essai de traction sont donc très voisins pour les deux métaux.

ESSAI DE COMPRESSION SUR DES CYLINDRES DE 13,8 *mm* DE HAUTEUR ET DE 8 *mm* DE DIAMÈTRE.

Les résultats sont également très voisins pour les deux métaux.

MÉTAL	HAUTEUR RESTANTE SOUS UNE CHARGE DE						
	3 000 *kg*	4 000 *kg*	5 000 *kg*	6 000 *kg*	7 000 *kg*	8 000 *kg*	10 000 *kg*
D	13	13,0	12,8	12,4	11,2	10,1	8,0
E	13	12,8	12,4	11,6	10,7	9,4	7.8

ESSAI AU CHOC SUR BARREAUX DE 30 × 30 *mm* NON ENTAILLÉS.

Mouton de 18 kg, *hauteur de chute* 2,75 m.

Le barreau du métal D ne casse pas et peut être plié à bloc à

la presse sans casser. Le barreau de métal E casse quand l'angle de pliage atteint 66°. Pour ce métal de nuance dure la différentiation se produit donc déjà pour le barreau de flexion non entaillé.

Voici maintenant les essais de choc sur barreaux entaillés.

Mouton de 18 kg.

ENTAILLE	HAUTEUR de CHUTE	MÉTAL	NOMBRE DE COUPS de mouton avant rupture	ANGLE de RUPTURE
	m			degrés
Fond rond de 4 *mm* de rayon, profondeur 15 *mm*.	2,75	D E	4 2	136 164
Fond rond de 4 *mm* de rayon, profondeur 15 *mm*.	1,50	D E	6 3	107 166
Entaille triangulaire, fond aigu, profondeur 15 *mm*.	1,50	D E	7 1	106 158
Entaille triangulaire, fond aigu, profondeur 9 *mm*	1,50	D E	20 9	145 165

Le tableau suivant donne les essais analogues effectués par pression statique.

ENTAILLE	MÉTAL	ANGLE de RUPTURE	CHARGE SUPPORTÉE par mm^2
		degrés	
Fond rond de 14 *mm* de rayon, profondeur 15 *mm*	D E	140 175	16,7 17,1
Entaille triangulaire, fond aigu, profondeur 15 *mm*	D E	96 165	18,0 17,1

Les résultats sont de même nature que ceux obtenus pour l'acier doux; les deux métaux D et E qui se présentent comme sensiblement identiques dans l'essai de traction et l'essai de

compression, sont nettement différents dans les essais sur barreaux entaillés, qu'il s'agisse de choc ou de pression statique, le métal E se montrant toujours nettement inférieur au métal D, tant au point de vue du nombre des coups de mouton supportés, qu'au point de vue de l'angle de rupture.

Deux barreaux présentant une entaille à fond arrondi de 15 *mm* de profondeur ont été essayés au mouton-pendule. Le travail absorbé pour la rupture a été trouvé de 0,20 *kgm* pour le métal D et de 0,11 *kgm* pour le métal E. Les angles de rupture étant respectivement de 143 et 160°.

Les essais de traction sur barreaux entaillés ont fait ressortir la différence de texture des deux métaux comme l'essai de flexion et avec plus de netteté que pour l'acier doux. La différence de résistance à la rupture des deux métaux devient plus accentuée sur les barreaux de traction entaillée. Ainsi avec une entaille à section triangulaire de 3 *mm* de profondeur, on observe une résistance de 127 *kg* pour le métal D et de 109 *kg* seulement pour le métal E.

Cette différenciation par l'essai de traction sur barreaux entaillés paraît d'autant plus nette que le métal est moins ductile.

Nous citerons encore à ce sujet les expériences suivantes faites sur deux métaux de nuance dure.

		MÉTAL F	MÉTAL G
Essai de traction sur barreau par entaille	Limite élastique . .	38 *kg*	81 *kg*
	Charge maximum .	124 *kg*	117 *kg*
	Allongement p. 100.	6	6
	Striction	52,3	50,2
Essai de traction sur barreau avec entaille triangulaire de 3 *mm* de profondeur	Charge maximum .	95,4 *kg*	57,5 *kg*
Essai au choc sur barreau avec entaille à fond rond de 15 *mm* de profondeur	Nombre de coups de mouton .	6	1
	Angle de rupture .	155°	180°

Si l'on récapitule tous les essais décrits dans ce chapitre, on voitque :

1° Le procédé d'essai à la flexion sur barreaux entaillés permet de mettre en évidence des différences que laisse complètement inaperçues l'essai de traction ordinaire;

2° Ces différences ne sont pas dues à des variations dans les valeurs relatives des limites élastiques à la traction et à la compression puisque pour les métaux A, B, C, les rapports des limites élastiques à la traction et à la compression sont rigoureusement égaux;

3° Ces différences apparaissent dans les essais statiques comme dans les essais dynamiques.

On est donc conduit, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer plus haut à les rapporter à une propriété pour laquelle le mot de fragilité semble mal choisi, car il paraît impliquer l'intervention d'un choc. Nous croyons qu'on peut interpréter d'une façon satisfaisante les résultats exposés plus haut en revenant à la conception de la résistance vive de rupture, mise en avant par Poncelet; mais, pour donner à cette conception une signification physique plus précise et plus indépendante des circonstances de l'essai, nous considérons la résistance vive à la rupture d'une tranche infiniment mince; nous proposerons de désigner cette grandeur sous le nom de *résilience* qui a déjà été employé, notamment par M. Russel, avec une signification analogue. Ainsi nous appellerons *résilience* d'un métal la résistance vive à la rupture d'une tranche infiniment mince, ou le travail nécessaire pour produire cette rupture exprimé en kilogrammètres par centimètre carré de section.

Comment mesurer la *résilience?* D'après sa définition même, il faut mesurer le travail de rupture dans un essai tel que la déformation soit limitée à la section de rupture. On ne peut compter obtenir cette indication d'une façon absolue, mais les différents essais mécaniques donneront des valeurs de la résilience d'autant plus approchées de la valeur exacte que la déformation y sera plus localisée autour de la section de rupture. On conçoit donc que l'essai de traction ordinaire est celui qui doit donner les plus mauvais résultats à ce point de vue, celui pour lequel le travail de rupture observé diffère le plus du travail de rupture élémentaire ou résilience. Pour obtenir des valeurs plus exactes de cette grandeur, il faudra choisir des modes d'essai qui localisent la déformation, c'est-à-dire employer des essais de flexion,

pratiquer des entailles profondes et aiguës, enfin employer des actions dynamiques avec des vitesses d'impact aussi grandes que possible.

Au point de vue pratique nous avons été conduits à abandonner l'entaille aiguë par suite de la difficulté qu'il y a à la définir. Les essais cités dans cette note montrent qu'en employant une entaille arrondie d'une profondeur suffisante, on arrive à classer suffisamment les différents métaux, et on peut admettre que ce classement diffère très peu de celui que fournirait la mesure exacte de la résilience.

D'après cela, l'essai sur barreaux entaillés ne serait pas un essai de fragilité ; ce serait un essai permettant de classer les métaux en métaux à résilience élevée et métaux à faible résilience. Le terme de fragile devrait être réservé aux métaux qui se comportent d'une façon différente sous une action dynamique et sous une action statique ; parmi les essais cités dans ce mémoire, on n'en rencontre pas d'exemple ; la différence de travail nécessité par la rupture d'un même métal, soit sous l'influence de chocs plus ou moins rapides, soit sous l'influence d'une pression statique, peut toujours être attribuée à ce fait que, dans les essais au choc, la localisation des déformations est plus nette que dans les essais par pression graduée ; il est facile de le constater en employant l'une des méthodes indiquées par MM. Fremont et Osmond, par exemple en observant l'étendue sur laquelle se dépolit autour de l'entaille la surface d'un barreau préalablement poli. En opérant de cette façon, nous avons toujours remarqué que les différences observées pour le travail à la rupture d'un même métal essayé dans des conditions différentes étaient corrélatives de l'étendue de la zone déformée.

En pratique d'ailleurs, il n'y a pas lieu de chercher à distinguer si le métal présente des résiliences différentes dans les essais dynamiques et statiques. Il faut éliminer tous les métaux qui, après entaille, seront susceptibles de se briser sous un faible choc, que cette défectuosité persiste ou non dans l'essai par pression statique. L'essai au choc sur barreau entaillé sera donc suffisant en pratique.

Pour essayer les métaux à ce point de vue, il ne sera d'ailleurs pas indispensable de mesurer le travail absorbé par la rupture ; l'angle sous lequel se produit cette rupture fournit déjà un renseignement très important. Nous avons vu par les résultats contenus dans le tableau des essais sur une série de 25 métaux que,

pour des métaux de même nuance, le travail de rupture variait assez régulièrement avec l'angle de rupture.

Cela n'est naturellement pas exact quand on compare des métaux de nuance différente ; le travail de rupture correspondant à un angle de rupture donné est alors d'autant plus grand que la résistance du métal est plus grande. Ceci ressort nettement des essais suivants portant sur deux séries d'aciers :

ACIERS DOUX R = 38 à 40 *kg*		ACIERS DURS R = 75 à 85 *kg*	
ANGLE DE RUPTURE	TRAVAIL DE RUPTURE	ANGLE DE RUPTURE	TRAVAIL DE RUPTURE
139°	16	148°	20
146°	15	160°	15
156°	14	170°	13
162°	4	172°	12
176°	4	175°	10

IV

Conclusions.

Nous avons cherché dans cette note à rassembler des résultats qui fassent ressortir nettement l'intérêt de l'essai sur barreaux entaillés et à définir des conditions qui conduisent à une formule de spécification pratique. En rapprochant les essais décrits de ceux qui sont contenus dans les mémoires cités au début de ce travail, on peut, croyons-nous, énoncer les conclusions suivantes :

Actuellement, le classement des métaux s'effectue généralement d'après leur résistance à la rupture par traction et leur ductilité, mesurée par l'allongement avant rupture ; on s'assure en même temps par des essais de flexion par choc que le métal ne présente pas une trop grande fragilité.

Il semble qu'on aurait un mode de classement plus rationnel en faisant intervenir une grandeur que nous proposons d'appeler la *résilience*, et qui serait la résistance vive à la rupture d'une tranche mince. Cette grandeur est évidemment utile à considérer au point de vue pratique, puisque c'est elle qui intervient toutes les fois que le métal doit subir une déformation locale,

c'est-à-dire lorsque c'est une section affaiblie qui travaille. Pour la déterminer, il faut avoir recours à des essais dans lesquels la déformation est localisée dans une région très voisine de la section de rupture; l'essai de traction ne donne donc aucun renseignement à cet égard; l'essai qui semble le mieux approprié à cette recherche est l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés.

L'utilité de cet essai, indépendamment des considérations qu'on vient de développer, résulte de ce fait que le classement qu'il fournit est totalement différent de celui que fournit l'essai de traction, et qu'il permet de différencier nettement des aciers doux qui paraissent identiques avec l'essai de choc ordinaire.

Pour que cet essai puisse entrer dans la pratique des réceptions de métaux, il est de toute nécessité que les diverses particularités en soient fixées sans ambiguïté possible. Le point le plus important est la confection de l'entaille qui a une influence considérable sur les résultats de l'essai. Nous proposons d'adopter une entaille à fond cylindrique, préparée avec un outil travaillant perpendiculairement au sens de l'entaille de façon à éviter toute strie qui pourrait jouer le rôle d'une entaille aiguë. La différentiation des métaux même les plus doux s'obtient parfaitement avec l'entaille à fond arrondi, à condition de donner à cet entaille une profondeur suffisante.

Les dimensions des barreaux ne doivent pas être trop petites pour éviter l'influence des erreurs d'ajustage et des petites irrégularités locales.

En ce qui concerne le mode de rupture, il est évidemment préférable, en principe, d'employer un procédé qui mesure numériquement le travail de rupture. Nous avons décrit un mouton-pendule qui donne cette mesure avec une exactitude supérieure, à notre avis, à celle des appareils à ressort qui ont été proposés dans le même but. Mais, dans la pratique des essais de réception, nous croyons que cette mesure est inutile, et qu'il est suffisant d'employer un appareil plus simple, tel que le mouton employé ordinairement pour les essais de choc. On obtient une différentiation suffisamment nette des métaux, en comptant le nombre de coups de mouton nécessaire pour amener la rupture et notant l'angle sous lequel se produit la rupture. Ces deux grandeurs varient, toutes choses égales d'ailleurs, comme la résilience du métal.

Indépendamment de la résilience, il faut tenir compte, pour

caractériser un métal, de la difficulté avec laquelle il peut subir un commencement de déformation, difficulté que l'on mesure, dans l'essai de traction, par la limite élastique, et qui peut être évaluée, dans l'essai de flexion par choc, par l'angle de flexion produit par un coup de mouton tombant d'une hauteur déterminée. La possibilité de faire cette évaluation, et d'éviter ainsi l'essai de traction ou un essai similaire, constitue même une supériorité notable du procédé de rupture par chocs répétés d'un mouton par rapport aux procédés dans lesquels la rupture est obtenue d'un seul coup.

En résumé, nous croyons que l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés doit être employé pour la recette des métaux, surtout des aciers doux. A titre de première indication, la forme de spécification suivante nous paraît admissible en pratique; les différentes conditions devraient, bien entendu, être déterminées numériquement dans chaque cas particulier, par quelques expériences préalables.

Le barreau d'essai (section carrée de 30 $\times$ 30 *mm* ou de 20 $\times$ 20 *mm* ou 30 ou 20 *mm* sur l'épaisseur de la tôle) sera entaillé sur (la moitié ou le tiers) de son épaisseur; le fond de l'entaille sera formé par un cylindre de (2 ou 4 *mm*) de rayon.

Le barreau placé sur deux appuis distants de (12 *cm*) recevra le choc d'un mouton de (18 *kg*); tombant d'une hauteur de (2 *m*).

La panne du mouton et les supports du barreau devront avoir une forme telle que le barreau puisse être plié sous un angle de (60° ou 90° ou 120°). Le barreau devra pouvoir être plié sous cet angle sans se rompre; le nombre de coups de mouton nécessaire pour effectuer ce pliage sera au moins égal à (3 ou 4 ou 6).

L'OXYGÈNE INDUSTRIEL

PAR

M. Raoul PICTET

SOMMAIRE

Nouveaux procédés pour la séparation des constituants de l'air atmosphérique. — Application de l'oxygène à l'industrie des métaux, à l'industrie chimique et à l'hygiène. — Emploi de l'oxygène pour l'éclairage et la fabrication du gaz à l'eau.

De tous les gaz connus en chimie, l'oxygène est incontestablement un des plus importants : c'est lui qui alimente toutes les combustions et toutes les flammes; c'est lui qui s'associe à presque tous les corps, métaux et métalloïdes; c'est encore à l'oxygène que tous les animaux demandent la vie. Il est donc naturel que l'obtention à bas prix de ce gaz ait préoccupé, durant tout ce siècle, les chimistes et les physiciens.

Il y a quelque trente ans, Tessié du Motay inventait une méthode chimique des plus élégantes, perfectionnée depuis par Brein, pour séparer l'oxygène de l'air atmosphérique en utilisant pour cela les propriétés spéciales de l'oxyde de baryum : un courant d'air passe sur de la baryte à une température peu élevée et sous une forte pression, l'oxygène est fixé sur la baryte et forme du bioxyde de baryum; on élève alors la température de ce bioxyde et l'on réduit la pression; l'oxygène se dégage spontanément du bioxyde de baryum pour le ramener à l'état de protoxyde capable de recommencer indéfiniment la même opération. — L'oxygène se rend au gazomètre d'où on l'extrait pour les usages industriels. La baryte joue dans cette réaction le rôle d'une éponge à oxygène qui s'en imbibe à basse température et à forte pression, mais laisse échapper ce gaz sous une pression plus faible et une température plus élevée.

D'autres métaux alcalins, comme la magnésie, etc., etc., ont été utilisés dans un but analogue. Malheureusement, les quantités d'oxygène que l'on peut récolter par ces procédés chimiques sont toujours trop peu importantes pour produire de l'oxygène à bas prix.

Les difficultés à vaincre pour préparer en grande quantité l'oxygène pur ont empêché ce gaz de prendre dans l'industrie la place qui lui est assignée.

Lorsque l'on pense que la totalité de l'air atmosphérique qui enveloppe notre globe contient environ 21 0/0 d'oxygène en volume et que, entre l'oxygène et l'azote, il n'existe aucune affinité chimique, il semble, au premier abord, que la séparation de ces deux gaz doit être des plus faciles; par contre, lorsqu'on se rappelle le coût énorme des expériences faites pour la liquéfaction des gaz, appelés autrefois permanents, on n'ose même pas considérer comme possible la liquéfaction de l'air atmosphérique pour obtenir l'oxygène par sa distillation continue.

Il est incontestable que toutes les personnes qui se sont occupées de cette question ces dernières années ont été, sans exception, victimes d'une illusion psychique, sorte d'aberration de perspective dans l'emploi des moyens qui s'offrent à nous pour atteindre un but défini : l'air atmosphérique liquéfié est hors de prix, difficile à obtenir, réclame un matériel de machines considérable; donc, sans aller plus loin, on élimine d'autorité et sans discussion la possibilité d'obtenir l'oxygène industriel par les procédés physiques. C'est du parti pris et une grosse erreur que l'on commet tout à fait involontairement, erreur cependant qui semble appuyée par les conseils sages de la prudence et d'une saine économie.

Personnellement, pendant près de vingt et un ans, j'ai été victime de cette idée préconçue et il m'a fallu un véritable effort pour aborder un projet dont la réalisation me semblait une utopie dès que ma pensée l'abordait.

A force de penser aux mêmes problèmes, il s'en dégage progressivement quelques conclusions de plus en plus nettes; c'est, dans le cas particulier ce qui m'est arrivé et je ne saurais mieux faire que de résumer dans leurs grands traits les méditations qui m'ont conduit à la réalisation des procédés que je vous expose aujourd'hui.

L'air, comme tous les gaz, est d'une élasticité parfaite; il est élastique et reste élastique à toutes les pressions et à toutes les températures. L'air atmosphérique, aussi bien que les vapeurs, quand on le refroidit et qu'on le comprime, se liquéfie en abandonnant sa chaleur latente de condensation. Lorsque ce liquide reprend sa forme gazeuse, il faut rendre au liquide sa chaleur latente qui est rigoureusement la même que celle qu'on a pu

constater lorsque, sous la même pression et la même température on produisait le phénomène inverse, sa liquéfaction.

Les expériences successives faites, depuis 1877 jusqu'à ces dernières années, ont établi péremptoirement que le point de liquéfaction de l'oxygène sous la pression atmosphérique est très voisin de —183°, tandis que celui de l'azote dans les mêmes conditions de pression est à — 195°.

L'azote est donc sensiblement plus volatil que l'oxygène et la théorie mécanique de la chaleur nous enseigne qu'à ces très basses températures une différence de 12° dans le point d'ébullition différencie deux liquides volatils, comme le ferait une différence de 40° aux températures de 60° à 100°.

Toutes ces lois physiques réunies nous permettent maintenant d'exposer les grands traits de mes nouveaux procédés.

Admettons que nous ayons à notre disposition une certaine quantité d'air liquide obtenu par n'importe quel moyen ; nous allons démontrer irréfutablement qu'on peut théoriquement utiliser cette quantité d'air liquide pour obtenir une quantité indéfinie d'oxygène provenant de l'air atmosphérique extérieur et cela avec une dépense et un travail infiniment faibles.

Après cela, corrigeant les vues théoriques par l'adaptation exacte des formules aux conditions réelles, nous pourrons fixer la dépense nécessaire dont nous connaîtrons les causes et préciser du même coup l'effet obtenu ; soit, la quantité d'oxygène emmagasinée dans un gazomètre et dont le volume, la qualité et le prix seront autant de facteurs numériquement connus.

Supposons tout d'abord que l'air atmosphérique soit composé uniquement d'azote et d'oxygène secs sans aucun autre mélange.

Supposons maintenant que nous comprimions cet air sec dans un long serpentin, qui enveloppe de toutes parts le réservoir contenant la masse d'air liquide ; nous donnerons le nom d'*échangeur* à ce long serpentin.

L'échangeur se continue par un deuxième serpentin, le *liquéfacteur*, complètement noyé dans la masse d'air liquide, et l'extrémité de ce serpentin se recourbe pour déverser son contenu dans le réservoir qui contient l'air liquide.

Pour préciser maintenant les phénomènes qui vont être simultanés, admettons qu'avec un compresseur nous refoulions l'air sec, sous une pression aussi faible qu'on le désire, dans l'échangeur d'abord, puis dans le serpentin noyé dans l'air atmosphé-

rique ensuite, ces deux serpentins n'étant, du reste, que la continuation l'un de l'autre.

Admettons encore que les gaz qui s'échapperont de la provision d'air liquide seront astreints à s'échapper au dehors en léchant la surface de l'échangeur, et cela dans une direction inverse à l'arrivée des gaz du dehors.

Dans l'appareil théorique que nous construisons, la conductibilité de l'échangeur et du serpentin immergé dans le liquide est supposée parfaite, le piston du compresseur marche sans frottement et la circulation des gaz s'effectue sans résistance.

Voici ce qui se passe :

L'air atmosphérique entre à la température ordinaire, se refroidit progressivement jusqu'à la température de — 194°,5, température de l'ébullition de l'air liquide, pénètre à cette température dans l'intérieur du serpentin noyé dans la provision d'air liquide et il suffira alors d'une pression infiniment faible au-dessus de la pression atmosphérique pour déterminer la liquéfaction de cet air dans l'intérieur de ce serpentin.

La chaleur latente de liquéfaction de l'air, voisine de 80 calories par kilogramme, traverse les parois du liquéfacteur, évapore un poids égal d'air atmosphérique liquide et force les vapeurs qui se forment à s'échapper le long de l'échangeur ainsi que nous l'avons dit.

L'air liquide obtenu dans le liquéfacteur coule de lui-même dans le réservoir où il remplace exactement l'air atmosphérique qui vient de se vaporiser.

Nous renouvelons ainsi à chaque instant, sous forme liquide, la quantité d'air liquide qui s'est évaporée.

Il est nécessaire maintenant de corriger ces données purement théoriques et de les modifier en tenant compte des conditions spéciales réclamées pour la liquéfaction et la distillation de l'air atmosphérique.

Et d'abord, l'air n'est point sec ; il faut à tout prix lui enlever la totalité de son humidité ; en effet, sans cette précaution, toutes les conduites que l'air serait appelé à traverser aux basses températures se rempliraient très vite de glace et s'obstrueraient.

De même, il faut éliminer, dès le début des opérations, les microbes, germes et poussières, qui sont toujours en suspension abondamment dans l'air du dehors.

Outre les poussières et l'humidité, l'air contient encore l'acide

carbonique en quantités assez variables du reste, oscillant entre 3 et 15 dix-millièmes.

L'acide carbonique se solidifie aux basses températures de la liquéfaction de l'air, et, comme il reste solide pendant la liquéfaction de l'air qui arrive, il ne saurait servir à augmenter le poids de l'air liquéfié. La perte correspond à la chaleur de liquéfaction et de cristallisation de la masse d'acide carbonique solidifié.

L'échangeur n'est pas parfait, le serpentin noyé dans l'air liquide n'est pas d'une surface infiniment grande.

Tous ces facteurs interviennent dans l'ensemble des phénomènes que nous avons décrits et remplissent le rôle de *résistances* qu'un travail extérieur seul pourra vaincre et compenser.

Ce travail sera l'unique dépense de tout le système.

Cela dit, voyons maintenant comment nous pourrons appliquer tout ce qui précède à l'obtention de très grandes quantités d'oxygène de l'air atmosphérique.

Nous prenons une masse d'air, nous commençons par la purifier en lui ôtant par un filtre spécial toutes les poussières et germes qui sont ordinairement en suspension dans l'atmosphère; cela fait, nous comprimons cet air à une pression de 2 à 3 *kg*, suivant les dimensions de l'appareil.

Cet air comprimé est envoyé dans un déshydratateur, appareil tubulaire servant à refroidir une solution d'eau salée jusqu'à 30 à 40° au-dessous de zéro. Les solutions de chlorure de calcium résistent jusqu'à cette température sans se cristalliser.

Ces basses températures condensent presque intégralement toute la vapeur d'eau contenue dans l'air.

C'est cet air purifié et refroidi, comprimé sous la pression de 2 à 3 *atm*, que nous allons mettre à contribution pour nous fournir l'oxygène industriel.

Nous construisons un appareil à dix plateaux qui sont appelés à nous donner dix qualités différentes de gaz.

Pour bien faire entendre la disposition de l'appareil, il nous suffira de décrire avec assez de détails un quelconque de ces dix plateaux, ainsi que sa fonction. Chaque plateau de cet *échangeur liquéfacteur* est composé, au centre, d'une cuvette métallique circulaire à bords verticaux; la hauteur de ce plateau sera de 15 à 20 *cm*, suivant les cas; sur le fond de cette cuvette centrale qui est horizontale, se place un serpentin à spires serrées. Ce serpentin occupe tout le fond sur une hauteur de 3 à 4 *cm*, le centre reste libre.

L'extrémité de ce serpentin, que nous appellerons le *liquéfacteur*, correspondant à la partie centrale, se relève, puis sort directement du plateau pour aller se fixer à un tube vertical, collecteur général des dix serpentins superposés dans les dix plateaux.

L'entrée du liquéfacteur n'est que la prolongation d'un long serpentin que nous avons appelé l'*échangeur*. Ce serpentin s'enroule en longues spires autour de la cuvette centrale, chaque spire étant séparée de celle qui la suit par une paroi mauvaise conductrice de la chaleur.

Les dix plateaux sont de même construction et se superposent exactement l'un au-dessus de l'autre.

L'herméticité entre chaque plateau est obtenue au moyen d'une cornière circulaire rivée sur le fond inférieur de la cuvette centrale et plongeant dans une rainure métallique fixée sur le bord supérieur du plateau immédiatement en contre-bas.

En remplissant d'eau cette rainure, l'eau se congèle : dès la mise en fonctionnement de l'appareil, et les dix plateaux ne forment qu'un seul tout.

Chaque plateau est muni d'un trop-plein qui laisse déverser son liquide dans le plateau inférieur lorsque le niveau du liquide accumulé dépasse une certaine limite. Le liquide qui descend tombe dans le plateau inférieur, commence par noyer successivement toutes les spires du liquéfacteur et gagne le plateau au-dessous, quand la limite de hauteur du liquide pour ce plateau est atteinte.

On voit par ce qui précède que, si l'on verse dans le plateau supérieur de l'appareil de l'air liquide, et cela d'une façon continue, les dix plateaux verront bientôt leur cuvette centrale se remplir, tandis que tout le matériel dont sont construits ces plateaux se refroidit à — 194° 5 (au-dessous de zéro).

Sans nous occuper pour l'instant de la manière dont on a produit cet air liquide, nous allons suivre pas à pas le fonctionnement complet de l'appareil normal.

Prenons d'abord le premier plateau supérieur, il est plein d'air liquide à — 194° 5; introduisons, par le jeu du compresseur, de l'air sec comprimé à 2 ou 3 *atm*. de pression, par l'extrémité extérieure du serpentin que nous avons appelé échangeur.

Admettons que, pendant que le gaz circule dans l'intérieur du serpentin de l'extérieur à l'intérieur, un courant d'air de poids

égal passe de l'intérieur à l'extérieur autour du même serpentin ; il est évident que ces deux masses de gaz échangeront très complètement leurs températures, si la puissance de ce serpentin ; c'est-à-dire sa longueur, sa conductibilité, sa protection contre le rayonnement extérieur sont suffisants.

Or c'est justement ce qui se passe : L'air comprimé sous une pression de 2 ou 3 *atm* se liquéfie à une température légèrement supérieure à la température de l'air liquide qui baigne le liquéfacteur.

A cette température supérieure de 12 à 15° correspond une chaleur latente inférieure à celle de l'air liquide qui bout sous la pression atmosphérique. Nous liquéfions donc un poids de 40 à 60 *g* d'air de plus pour chaque kilogramme que nous évaporons dans la cuvette centrale. Ce point est extrêmement important à retenir.

Mais quelle va être la qualité des gaz qui vont s'échapper de ce premier plateau par l'évaporation d'une partie de ce liquide ? Nous le savons par expérience : c'est de l'azote presque pur.

La solubilité de l'oxygène dans l'azote, tous deux liquéfiés, établit une sélection physique entre la partie liquide et la partie gazeuse. Les forces capillaires qui interviennent entre les molécules complexes de la solution retiennent le liquide le moins volatil, de telle façon qu'un équilibre stable est possible entre une atmosphère contenant 95,5 0/0 d'azote et 4 0/0 d'oxygène, et un liquide contenant environ 76 0/0 d'azote et 24 0/0 d'oxygène ; toutes ces mesures sont exprimées en volume.

En réalité, le pour cent d'oxygène dans le liquide qui s'évapore va toujours en augmentant dans le liquide au fur et à mesure que la distillation se prolonge.

Au commencement de la distillation on a de l'azote presque pur ; lorsque la moitié du liquide s'est évaporé, les vapeurs qui sont émises ne contiennent pas 10 0/0 d'oxygène, puis presque subitement, dès que les trois quarts du liquide sont partis, le dernier quart donne des vapeurs où l'oxygène présente une teneur de plus de 50 0/0.

Le dernier 1/10e du volume est de l'oxygène pur dont la teneur dépasse 95 0/0.

Le passage de l'air atmosphérique à l'état liquide fait donc intervenir, dans le mélange physique des deux éléments gazeux, des forces moléculaires intérieures qui permettent de faire une sélection entre l'azote et l'oxygène, en même temps que la tem-

pérature d'ébullition du liquide s'élève progressivement de — 194°5 à — 183°.

Les faits que nous rappelons ici sont les analogues à très basses températures de ce qui se passe pour la distillation de l'eau et de l'alcool ; seulement le problème pour l'air atmosphérique renverse les termes des données initiales et finales.

Quand on distille de l'eau et de l'alcool, on reçoit ces deux corps à l'état liquide ; on les vaporise dans l'intérieur de l'appareil en leur fournissant de la chaleur et on les condense à nouveau au moment de leur sortie de l'appareil.

Pour l'air atmosphérique, au contraire, on prend les corps gazeux au dehors, on les liquéfie dans l'intérieur de l'appareil en leur enlevant de la chaleur, puis on les gazéifie à nouveau au moment de leur sortie.

Ces considérations nous permettent maintenant de finir le cycle des opérations dont nous avons commencé plus haut la description.

Reprenons les dix plateaux superposés et tous pleins d'air liquide sous la pression de 2 à 3 *kg*. L'air sec qui entre par le serpentin échangeur de chaque plateau se liquéfie dans le serpentin liquéfacteur de la cuvette centrale d'une façon totale, comme le feraient les vapeurs saturées.

Au même moment où l'air se liquéfie à l'intérieur des liquéfacteurs, le volume des gaz se réduit dans le rapport de 250 à 1 environ, c'est-à-dire que 250 *l* de gaz se liquéfient pour occuper un volume d'un litre lorsqu'ils sont transformés en liquide.

L'acide carbonique, qui représente à peu près les 3 à 15 dix-millièmes du volume total de l'air au moment de l'aspiration, est obligé de se liquéfier et de se solidifier sous l'action combinée des très basses températures et de ce colossal changement de volume qui augmente de 250 fois sa tension primitive.

On voit donc l'air liquéfié sortir du liquéfacteur comme une eau blanchâtre, remplie de petits cristaux très fins, qui ne sont que des petites aiguilles d'acide carbonique solide. Chaque serpentin liquéfacteur se déversant dans le collecteur général va porter ce liquide dans un filtre spécial placé au-dessus du premier plateau de l'appareil.

L'air liquide dépose dans l'intérieur de ce filtre tout l'acide carbonique tenu en suspension. L'air liquide sort de ce filtre parfaitement transparent et légèrement bleuté, d'un bleu de ciel superbe.

La totalité de l'air liquéfié tombe ainsi dans la cuvette centrale du plateau supérieur.

Puisque nous avons admis que notre appareil est composé de dix plateaux semblables, il est évident que ce plateau supérieur doit évaporer seulement les 10 0/0 en poids de la quantité totale d'air qu'il reçoit.

Les neuf dixièmes de l'air liquéfié seront donc obligés de passer par le trop-plein et de tomber sur le plateau n° 2.

Le plateau supérieur aura donné de l'azote presque pur, qui s'échappera au travers de l'échangeur en léchant les parois du serpentin qui amène l'air comprimé.

Nous pourrons recevoir cet azote presque pur dans un gazomètre.

Le plateau n° 2 donnera, comme le plateau n° 1, un dixième du poids total de l'air atmosphérique liquéfié, en gaz qui se seront formés contre la surface extérieure du serpentin liquéfacteur pendant la liquéfaction intérieure.

Nous enverrons ces gaz dans l'échangeur, et de là dans un deuxième gazomètre. Chaque plateau évaporant un dixième du poids initial total, l'expérience prouve que les cinq premiers plateaux donnent de l'azote dont la pureté dépasse 90 0/0.

Les sixième et septième plateaux donnent des gaz dont la composition est voisine de celle de l'air atmosphérique extérieur, mais les trois derniers plateaux donnent un gaz dont la composition moyenne est de 50 à 55 0/0 en oxygène.

Si, au lieu de mélanger les gaz sortant de ces trois derniers plateaux, on fait communiquer la sortie de l'échangeur de chaque plateau avec un gazomètre spécial, on récoltera trois qualités d'oxygène, la qualité du gaz livré par le dixième plateau étant de l'oxygène presque pur.

En pratique, trois gazomètres seront probablement suffisants; un pour l'azote, dont la pureté dépassera 90 0/0, et deux pour l'oxygène, l'un rempli d'oxygène à 50 0/0, l'autre réservé à l'oxygène presque pur.

Un système de tiroirs placés dans un grand tube vertical, réunissant la sortie de tous les échangeurs autorise, pendant la marche, de mettre n'importe quelle série de plateaux en relation avec l'un des trois gazomètres de l'extérieur, ce qui permet d'obtenir, à chaque instant, les gaz dont la teneur correspond à celle qu'on désire; pour régler la marche de l'appareil, un système d'éclairage électrique et de glaces permet de distinguer

jusqu'au centre de l'appareil et sans aucun dépôt de buée, soit le coulage d'un plateau à un autre, soit l'intensité de l'ébullition de chaque liquéfacteur.

Ce que nous venons de dire permet de se rendre un compte exact du cycle des opérations assez complexes, du reste, qui se passent au sein de cet instrument.

Nous avons pris de l'air gazeux, nous l'avons desséché à une température de 30 à 40° au-dessous de zéro, après l'avoir comprimé à 2 ou 3 *atm*; voilà la dépense.

Nous en sortons, sous la pression atmosphérique et à la température ambiante, de l'oxygène séparé de l'azote, plus de l'acide carbonique solide : tel est l'effet obtenu.

La théorie mécanique de la chaleur nous permet de suivre dans ses moindres détails chacune de ces phases et son équivalence.

Ajoutons toutes les pertes dues aux causes suivantes :

1° Humidité de l'air à supprimer;

2° Insuffisance de l'échangeur;

3° Insuffisance du liquéfacteur;

4° Dépôt d'acide carbonique solide;

5° Élévation progressive de 10° à la température successive des plateaux où se passe la liquéfaction;

6° Enfin, l'action du rayonnement extérieur qui fait pénétrer à chaque instant de la chaleur de l'extérieur à l'intérieur qui se trouve à la température moyenne de — 189° (au-dessous de zéro).

En ajoutant tous ces effets négatifs, toutes ces résistances, on trouve qu'en comprimant 400'000 m^3 entre 2 et 3 *atm*, dans un appareil normalement construit, le travail fourni par cette compression (ce qui constitue la dépense) équivaut exactement à la somme des six facteurs sus nommés.

Grâce au travail des compresseurs, on maintient à niveau constant l'air liquide dans tous les plateaux, et la reconstitution de l'air liquide au fur et à mesure de son évaporation est absolument assurée.

Si l'appareil est plus petit, les surfaces extérieures prennent, par rapport à la puissance de production de cet instrument, une influence de plus en plus néfaste, car c'est par ces surfaces que pénètre la chaleur extérieure.

Pour compenser le rayonnement, il faudra donc comprimer

l'air atmosphérique à une pression d'autant plus élevée, que l'appareil est plus petit.

Enfin, si l'on diminue de plus en plus la surface du liquéfacteur, ou la quantité d'air liquide qui se trouve dans chaque plateau, on doit élever la pression, jusqu'à 50, 100 ou même 200 *atm*, et, à la limite, cet appareil, au lieu d'être un séparateur d'oxygène et d'azote, deviendra *un appareil à fabriquer l'air liquide;* on tombe alors dans les appareils similaires à ceux de M. le Professeur Linde qui, dans son brevet, réclame comme indispensable ces hautes pressions, sans lesquelles son appareil ne saurait fonctionner.

Expériences démonstratives.

Grâce à l'amabilité de M. le professeur d'Arsonval nous avons pu obtenir pour nos démonstrations 2 litres d'air liquide. Ils sont là dans une bouteille à double enveloppe argentée intérieurement et représentant l'appareil le mieux fait pour empêcher la chaleur de pénétrer dans ce liquide froid. Par suite du vide très parfait qu'on a établi entre les deux sphères de verre concentriques, la convection des gaz y est si faible qu'un semblable récipient garde près de quinze jours l'air liquide qui le remplit avant que la dernière goutte soit évaporée.

Je vais placer dans cet air liquide un serpentin de verre transparent.

En comprimant de l'air par une pompe ordinaire dans ce serpentin noyé dans le liquide, nous allons voir l'air de la salle se liquéfier devant nos yeux, déposer en nappes blanchâtres l'acide carbonique qu'il contient; puis nous évacuerons l'air atmosphérique ainsi liquéfié dans un verre à double paroi jusqu'à ce qu'il soit rempli.

En distillant cet air, nous constatons :

1° Que les vapeurs qu'il émet sont, au début, si chargées d'azote qu'elles *éteignent* toute flamme qu'on y introduit; une allumette s'éteint instantanément lorsqu'on la place, allumée, à 2 ou 3 *cm* au-dessus de ce liquide ;

2° L'azote sort presque seul tant que les deux tiers du liquide ne sont pas évaporés;

3° Subitement les vapeurs ne se composent plus que d'oxygène et les combustions des corps ignés dans les vapeurs qui s'échappent du liquide deviennent de plus en plus énergiques;

4° Lorsque le volume du liquide est réduit au cinquième du volume primitif, l'acier en fine lame, comme dans un bec de plume, brûle avec intensité en projetant de tous côtés une gerbe d'étincelles.

Nous démontrons ainsi que l'air de la salle, contenant une forte proportion d'acide carbonique, se liquéfie totalement par la compression à 1 ou 2 *atm* de pression et que l'acide carbonique se dépose sous forme de neige carbonique.

Enfin, par distillation, nous obtenons le quart du volume primitif de l'air sous forme d'*oxygène industriel* pouvant servir à tous les usages les plus divers.

L'air atmosphérique évaporé et l'air atmosphérique liquéfié équilibrent exactement leurs *capacités calorifiques* au travers des parois du serpentin liquéfacteur.

Ainsi nous avons, par cette série d'expériences, démontré d'une façon directe et irréfutable tous les points essentiels de la théorie de nos nouveaux procédés pour la séparation méthodique des constituants de l'air atmosphérique.

Liquéfaction de l'air pour amorcer l'appareil séparateur des constituants de l'air atmosphérique.

Disons quelques mots maintenant sur la méthode et les appareils que nous utilisons pour obtenir la première charge d'air liquide destiné à amorcer le grand appareil dont nous venons de donner la description complète.

J'utilise les cycles successifs que j'ai dénommés : *le principe des cascades de température.*

Avec un premier liquide volatil qui peut être, au choix, l'un des liquides qui servent actuellement dans les machines frigorifiques : ammoniaque, chlorure de méthyle, acide sulfureux, mélange d'acide sulfureux et d'acide carbonique ou acide carbonique pur, on abaisse un premier réfrigérant à une température voisine de 60 ou 80° au-dessous de zéro ; on se sert de ce premier réfrigérant comme condenseur d'un deuxième liquide plus puissant : le protoxyde d'azote ou l'éthylène, par exemple.

En comprimant ces vapeurs dans un serpentin noyé dans le liquide du premier réfrigérant, on les liquéfie très facilement sous des pressions faibles comprises entre 3 et 10 *atm*.

En se servant du liquide obtenu pour alimenter un deuxième réfrigérant et en produisant un grand vide sur ces liquides volatils, on atteint les températures très voisines du point critique de l'air, entre 121° et 141° au-dessous de zéro.

Je comprime alors, dans un serpentin, de l'air sec à une pression d'environ 50 *atm* suffisante pour amener la liquéfaction de l'air comprimé.

Au lieu de laisser échapper ce liquide dans un tube de détente, ce qui reconstitue une partie de la chaleur de compression par le choc violent du jet contre les parois, et par suite atténue dans une large mesure le refroidissement dû au changement de pression, j'envoie le courant de l'air liquéfié sous haute pression dans les ailettes d'une turbine d'une construction toute spéciale et dont nous ne saurions donner la description ici.

Cette disposition nous assure deux grands avantages sur tous les autres systèmes existants, basés sur la détente de l'air comprimé.

En effet, d'une part, au lieu d'avoir une production de chaleur par la puissance du jet frappant les parois immobiles, neutralisant ainsi une partie de l'effet utile, nous abaissons la pression dans un appareil mobile, fournissant du travail extérieur et qui refroidit le liquide et les gaz comprimés selon une courbe adiabatique.

D'autre part, nous récoltons, sur l'axe de la turbine, un travail moteur qui représente environ un peu plus du tiers de l'énergie absorbée par les compresseurs.

Cet avantage double est tellement considérable, qu'au lieu d'obtenir un demi-litre ou trois quarts de litre par heure et par cheval, on double cette quantité par l'utilisation rationnelle des cycles en cascade et la turbine finale.

Avec 100 *ch* utilisés à actionner l'appareil d'amorçage, on obtient ainsi facilement 115 à 130 *l* d'air liquide par heure.

Cet air liquéfié tombe dans le plateau supérieur du séparateur et on fait fonctionner l'appareil d'amorçage jusqu'à ce que les dix plateaux de l'appareil séparateur soient complètement remplis.

C'est à ce moment que l'on met en fonctionnement le grand compresseur donnant de l'air à 2 ou 3 *atm*, lequel renouvelle continuellement sa charge par lui-même, permettant ainsi d'arrêter l'appareil d'amorçage si on le désire.

La formule qui représente le cycle de Carnot renversé n'est

pas la même que celle qui représente la production du travail par de la chaleur fournie à une température t' celle de la chaudière, lorsqu'on la fait chuter, à la température t, celle du condenseur.

On a, en effet, dans le cas de la production d'une force motrice :

$$\text{Travail} = Q \frac{t' - t}{t} E \; kgm,$$

Q = quantités de calories cédées à t'.

Lorsque, au contraire, on fait machine en arrière et que la machine à vapeur motrice devient un compresseur résistant d'une machine frigorifique, j'ai démontré, en 1868, lors de ma première machine à compression, que le travail absorbé par cette machine est représenté par la formule :

$$\text{Travail absorbé} = \frac{t' - t}{t} QE \; kgm.$$

Dans cette équation, Q représente des frigories, c'est-à-dire les calories qui sont enlevées au réfrigérant et portées dans le condenseur.

Cette formule, que la pratique a totalement vérifiée, nous permet d'estimer en air liquide les causes de déperdition inhérentes à la construction du séparateur d'oxygène

Voici comment nous pouvons estimer ces pertes nécessaires. Ayant eu à ma disposition, en Amérique, plus de 1 500 *l* d'aïr liquide par jour, j'ai fixé expérimentalement la chaleur latente de vaporisation de 1 *kg* d'air liquide ; je l'ai trouvée très voisine de 82 calories.

La température de condensation étant de 194,5, la formule appliquée à l'obtention de 1 *kg* d'air lipuide est :

$$\text{Travail nécessaire} = 82 \text{ calories} \times \frac{t' - t}{t'} 425 \; kgm.$$

Dans cette formule, $t' = 273 + 27 = 300°$ et pour t, nous avons :

$$t = 273 - 194{,}5 = 78{,}5$$

la formule devient :

$$\text{Travail en kilogrammètres} = \frac{300 - 78{,}5}{78{,}5} \times 425 \times 82 = 98\,277.$$

L'air doit s'abaisser de la température ambiante à la température de 194° 5 au-dessous de zéro.

Pour chaque différentielle de température, nous avons un travail élémentaire.

En intégrant la fonction entre ses limites des températures absolues $t' = 300$, $t = 78{,}5$, la constante pour 1 *kg* d'air gazeux = 0,25. on obtient, comme résultat du calcul pour le travail consommé par le refroidissement de 1 *kg* d'air à l'état gazeux jusqu'à son point de liquéfaction, une énergie de 21 651 *kgm*. La somme des deux quantités représente le travail théorique indispensable pour liquéfier 1 *kg* d'air, soit sensiblement 1 *l* d'air liquide et l'on a :

1 *l* d'air liquide = 120 000 *kgm*.

Un cheval-vapeur donne 270 000 *kgm* par heure; il peut donc produire environ 2 *l* d'air liquide.

Une machine de 650 *ch* pourrait fabriquer environ 1 300 *l* d'air liquide.

La totalité des résistances et des pertes subies par suite de l'imperfection de nos machines, l'insuffisance des protections contre le rayonnement, l'insuffisance des surfaces et leur pouvoir transmissif de la chaleur, toutes ces imperfections seraient compensées exactement si l'on versait chaque heure, au haut de l'appareil séparateur, environ 1 300 *l* d'air liquide.

Cette conclusion nous prouve que, même avec l'énorme production d'oxygène que nous obtenons par cet instrument, il est susceptible encore de grands perfectionnements.

Vérification des résultats précédents.

Nous pouvons, comme contrôle des affirmations précédentes, estimer assez exactement toutes *les résistances* de notre appareil, c'est-à-dire les causes réelles qui s'opposent à la réalisation des phénomènes que nous voulons forcer et qui ne se produisent que par le fait de la pression à laquelle nous soumettons l'air par le travail extérieur des compresseurs.

Nous avons groupé ces résistances sous les chapitres suivants :

1° Pertes dues a l'insuffisance de l'échangeur.

Quelque dimensions que nous donnions à l'échangeur, il ne

permet pas aux masses de gaz, égales en poids, qui circulent en sens inverse, d'équilibrer complètement leur température.

L'écart de 10° que nous adoptons est *fort*, il est plus grand que la *faute commise.*

Nos échangeurs arrivent à laisser un écart de 5° à 6°; mais ici nous admettons que, pour des échangeurs industriels, on ait visé un peu à l'économie :

Soit donc un écart de 10°.

Cet écart n'est équilibré que si les gaz sont refroidis de — 184°8 à — 194°5, point de liquéfaction, par une *soustraction de chaleur aspirée en totalité à la plus basse température.*

Or, nous faisons passer 4000 l par seconde.

La chaleur spécifique à pression constante = 0, 31 pour 1 m^3 et l'écart de température de 10° représente par seconde :

$$4000 \times 0{,}31 = 12{,}4 \text{ calories par seconde.}$$

Le travail à dépenser provient de 44640 calories à porter de — 78°5 à + 300° :

$$4000 \times 0{,}31 \times 425 \int_{-78{,}5}^{+300} \frac{t' - t}{t}\, dt = 200\, ch\,.$$

Donc les défauts de l'échangeur nous coûtent 200 *ch* comme travail extérieur obligatoirement fournir pour la permanence des phénomènes.

2° Cristallisation de 3000 *kg* d'acide carbonique.

L'acide carbonique se condense entre — 150° et — 175° dans l'intérieur des serpentins et aussi pendant la liquéfaction qui réduit le volume des gaz au 1/800 du volume primitif.

La chaleur totale de vaporisation de l'acide carbonique à ces températures se compose de la chaleur de liquéfaction, plus la chaleur de cristallisation.

L'expérience directe nous a donné pour $\lambda = 74$ calories.

L'énergie extérieure absorbée par 3000 *kg* de CO^2 sera donc donnée par :

$$3000 \times 74 \times 425 \int_{t}^{t'} \frac{t' - t}{t}\, dt = 26\, ch.$$

3° L'air liquide ne sort pas de tous les plateaux à la même température.

Nous savons que les sept premiers plateaux supérieurs de notre appareil sont très voisins de température. Le premier en haut est à — 194° 5 et le septième est encore à — 193°.

Le huitième plateau est à — 190°.

Le neuvième plateau et le dixième remontent très brusquement de — 190° à — 183°, limite supérieure.

En utilisant les courbes des proportions de l'azote et de l'oxygène soit dans la *partie liquide*, soit dans les gaz émis par les liquides constitués par les divers mélanges de ces deux corps, on peut calculer exactement le résultat du fractionnement par voie de changement d'état.

Cette courbe donne exactement la température de chaque plateau.

En prenant la moyenne de ces dix plateaux et en multipliant le poids total d'air liquéfié par l'écart moyen de température, on connaît la quantité de chaleur à fournir au liquide pour l'amener en totalité à — 194° 5.

La chaleur spécifique de l'air liquide est 0,73. En opérant les calculs assez longs et en prenant la valeur moyenne de l'écart de température, on a pour le liquide total liquéfié à l'heure :

	10,91	calories par seconde,	
ou	39 312	—	à l'heure,
ou	184	chevaux.	

4° Action du rayonnement extérieur.

Notre appareil est placé dans une enceinte relativement *très chaude* par rapport à la température de l'air liquide.

Soit par *conductibilité*, soit par *convection* de l'air extérieur, soit par *rayonnement*, la chaleur traverse les isolants, protections insuffisantes et toujours plus ou moins diathermanes.

Il est très difficile d'estimer le nombre de calories qui passent ainsi de l'extérieur à l'intérieur, d'abord parce que l'épaisseur des parois protectrices peut varier considérablement, puis parce que nous avons placé, au centre des enceintes à températures sans cesse relevées, les parties les plus froides.

En estimant à *100 calories* par mètre carré et par heure l'apport de chaleur du dehors au dedans, nous estimons *très largement* cette dépense obligatoire.

On peut la réduire passablement en adoptant d'épaisses enveloppes de matières isolantes telles que la laine, les déchets de coton, la poussière de liège, etc.

En adoptant 100 calories par heure et par mètre carré, la quantité de chaleur qui pénètre chaque heure dans l'appareil est de :

$$\text{Surface totale} \times 100 = \text{rayonnement en calories},$$

$$60\ m^2 \times 100 \text{ calories} = 6\,000 \text{ calories}.$$

Ces 6 000 calories pénètrent à diverses places dans l'appareil.

Nous pouvons estimer qu'en adoptant une température moyenne de — 140° pour la valeur de *t* nous sommes au-dessus de la vérité.

Donc :

$$\frac{6\,000 \times \frac{300 - 133}{133} \times 425}{270\,000} = 12\ ch.$$

RÉCAPITULATION DES PERTES.

N° 1 *Insuffisance de l'échangeur.*

Calories perdues 44 640.

Travail nécessaire . . . . 200 *ch*

N° 2 *Acide carbonique.*

Calories nécessaires pour 3 000 *kg*.

22 200 calories nécessitant 26

N° 3 *Différence dans la température du liquide sortant des plateaux.*

39 312 calories nécessitant 184

N° 4 *Rayonnement intérieur.*

6 000 calories nécessitant 12

Total des pertes subies :

TOTAL . . . . 422 *ch*

112 152 calories ou **1 367** *kg* d'air liquide.

Or nous avons, pour parer à ces pertes, le résultat du travail des machines qui compriment l'air et le refroidissent.

Nous avons vu que ces machines produisent par heure entre 1 300 et 1 400 *kg* de liquide ***en plus*** de celui qui s'évapore dans les plateaux des échangeurs.

L'accord est absolu et le bilan des pertes et gains de chaleur s'équilibre complètement.

Les expériences directes nous ont donné également pour les chaleurs latentes de l'air liquide les résultats suivants :

à — 194°5	Pression 1 *atm*	$\lambda = 82$	calories
à — 183°	— 2,7 *atm*	$\lambda = 76{,}1$	—
à — 141°	— 53 *atm*	$\lambda = 0$,	

point critique.

Prix de revient de l'oxygène.

Nous avons vu dans ce qui précède que l'unique dépense de notre appareil pour fabriquer l'oxygène, comme frais immédiats, se réduit à la compression de l'air à une pression de 2 à 3 *atm.*

Les compresseurs modernes donnent d'excellents rendements et, si l'on a soin d'injecter un peu d'eau dans les cylindres, pendant la période d'aspiration, on obtient une compression très économique et qui s'effectue selon une courbe se rapprochant beaucoup des isothermiques.

Avec une force effective de 530 *ch* environ, il est loisible de comprimer par jour environ 350 000 m^3, ce qui fait 4 m^3 par seconde.

La déshydratation de cette quantité d'air coûtera une force d'environ 100 *ch.*

Nous avons donc à compter avec une dépense d'environ 650 *ch* pour obtenir :

175 000 m^3 d'azote dépassant 90 0/0 de pureté

et 87 000 m^3 d'oxygène à 50 0/0 de pureté.

ou 35 000 m^3 d'oxygène dont la pureté dépasse 90 0/0 et en même temps 17 000 m^3 d'oxygène industriel à 50 0/0. Ajoutons à ces deux produits une quantité d'acide carbonique de 280 *kg* qui se déposent, dans tous les cas, dans les filtres, comme représentation de l'acide carbonique récolté dans l'air le plus pur que l'on puisse aspirer du dehors.

Si l'on désire augmenter le poids de l'acide carbonique, il suffit de prendre, avant les filtres, une très petite quantité des gaz qui sortent des générateurs et qui sont chargés de 12 à 13 0/0 d'acide carbonique.

On peut alors récolter facilement 2 à 3 000 *kg* d'acide carbonique par 24 heures, sans augmenter l'effort nécessité par la compression des gaz.

Le calcul montre que, si l'on sort de la cheminée du générateur, 1 m^3 des gaz qui y circulent, pendant que l'on en aspire 35 d'air atmosphérique pur, on obtient 3 000 *kg* d'acide carbonique par 24 heures.

Cet acide carbonique est récolté sous forme de neige carbonique dans les filtres et peut s'introduire, par simple distillation automatique, dans les réservoirs d'acier dont on se sert aujourd'hui.

Une estimation très serrée de tous les frais d'une usine, disposant de 650 *ch* de force, faisant figurer dans les comptes non seulement le charbon brûlé, mais la main-d'œuvre l'entretien, l'amortissement et l'intérêt normal du matériel engagé, etc., nous permet d'affirmer qu'une dépense quotidienne de 400 à 500 *f* ne sera pas dépassée.

Au prix actuel, les 3 000 *kg* d'acide carbonique, que l'on obtient facilement par cette installation, rapportent à la vente plus de *1 500 francs*.

On peut donc affirmer, sans aucune erreur, que même au tiers du prix actuel, la vente de l'acide carbonique liquide, dont le marché s'étend de jour en jour davantage, paye tous les frais quelconques de l'usine et laisse même un important bénéfice.

Dans ce cas, l'oxygène est absolument à vil prix, et on peut l'offrir aux conditions les plus économiques à l'industrie.

Maintenant, supposons que l'on fasse supporter à l'oxygène la totalité des charges de l'exploitation et que nous comptions pour zéro l'acide carbonique et l'azote, voici à quel prix on arrive :

Le mètre cube d'oxygène industriel coûte un demi-centime le mètre cube et, pour l'oxygène dépassant 90 0/0 de pureté, 0,013 *f* par mètre cube.

Nous négligeons, dans ce dernier calcul, l'obtention simultanée des 17 000 m^3 d'oxygène à 50 0/0.

Lorsque l'on pense que l'on vend aujourd'hui dans presque toutes les pharmacies le mètre cube d'oxygène à 95 ou 98 0/0 de pureté, à raison de 5 à 10 *f* par mètre cube, on peut affirmer

sans crainte d'erreur que l'oxygène entre aujourd'hui dans une ère nouvelle quant à ses applications industrielles et aux services qu'il est appelé à rendre à l'hygiène publique.

C'est le sujet que nous allons aborder maintenant :

Les usages industriels de l'oxygène.

Comme nous le disions au début de cette étude, l'oxygène est le *pain de l'industrie* et de l'*hygiène*.

Il faut pouvoir servir l'oxygène au titre voulu, très variable suivant les différents emplois auxquels on le destine.

Voici les grandes lignes de son utilisation actuelle :

1° Emploi en *Métallurgie ;*

2° Emploi en *Chimie ;*

3° Emploi dans l'*Éclairage ;*

4° Emploi dans l'*Hygiène.*

Nous allons jeter un coup d'œil rapide sur ces différents chapitres.

1° Emploi de l'oxygène en métallurgie.

L'oxygène à bon marché est une transformation radicale des procédés actuels de la métallurgie.

Depuis les *hauts fourneaux* jusqu'à la forge et aux travaux de constructions mécaniques : construction des ponts, des charpentes en fer, des navires, etc., etc., toute l'industrie du fer et de l'acier est profondément modifiée :

Dans les *hauts fourneaux*, en remplaçant l'air atmosphérique par l'oxygène à 50 ou 60 0/0 de teneur, on transforme presque toute la chaleur du charbon en chaleur utile puisque l'azote, ce corps inerte, est supprimé.

Première économie de charbon.

En second lieu, la tension de l'*oxyde de carbone* est proportionnelle *au double* de la quantité d'oxygène contenue dans les gaz entrant dans la colonne ignée et chassée par les souffleries.

Nous avons dans ce cas une tension qui est dans le rapport de 12 à 4, comparée avec les procédés actuellement en cours.

La réduction des oxydes de fer est d'autant plus facile et rapide que cette tension du gaz *oxyde de carbone* est plus grande.

Donc, la hauteur du fourneau diminue, la vitesse d'écoule-

ment augmente et le poids de charbon brûlé s'abaisse en proportion de la suppression des déchets dus à l'azote.

Outre ces conséquences immédiates, si l'on ajoute de la vapeur d'eau à l'oxygène, on réduira totalement le fer pour l'obtenir de première qualité dès le haut fourneau.

L'oxygène et la vapeur d'eau donneront simultanément les deux plus puissants réducteurs connus; l'oxyde de carbone et l'hydrogène pur. Tous les métalloïdes co-associés au fer, tels que : le phosphore, l'arsenic, le soufre, etc., etc., seront enlevés par leur action commune dans les couches successives du haut fourneau.

Le haut fourneau se transformera progressivement en un *convertisseur*.

A la *Forge*, l'emploi de l'oxygène transforme l'économie du charbon.

On sait que jusqu'à 800 ou 900° le charbon brûle en donnant de l'acide carbonique. A partir de 900°, il se forme de l'oxyde de carbone et la proportion de ce gaz augmente sans cesse jusqu'à 1 300 ou 1 400°, limites des températures des feux de forge.

La chaleur dégagée par le charbon qui se transforme en acide carbonique est de 7 700 calories environ.

Lorsque le charbon ne brûle qu'imparfaitement et ne donne que de l'oxyde de carbone, la chaleur qu'il dégage est inférieure à la moitié de cette quantité, soit 3 250 calories pour les bons charbons.

L'air qu'on introduit dans le feu à raison de 8 à 10 m^3 par kilogramme de charbon apporte toujours un poids mort de 10 *kg* d'azote à chauffer à 1 000 ou 1 200° par son trajet au travers des charbons ardents.

Plus la température monte, plus la perte est grande.

La chaleur spécifique de l'azote, 0,25 au kilogramme augmente aussi avec la température.

A 1 200° la chaleur perdue *rien que par l'effet désastreux* de l'azote atteint le chiffre énorme de *3 400 calories!*

Toute la puissance calorifique du charbon est absorbée par l'azote et fixe le terme à l'élévation de température du foyer. Dans ces conditions, les grosses pièces de fer ne peuvent plus soutirer de chaleur au foyer et il faut un temps considérable, un poids invraisemblable de charbon pour achever leur chauffage au point voulu.

Avec l'oxygène industriel, on supprime la presque totalité de

ces pertes et l'on porte la température du foyer à 2 200 ou 2 400° presque immédiatement.

La pénétration de la chaleur se fait très vite, d'où économie énorme, presque inchiffrable, du charbon, économie de temps, de frais généraux et activité plus grande dans toutes les productions manufacturées à la forge.

Les cubilots pour la fonderie portent les gueuses à des températures plus élevées et économisent plus de la moitié du charbon et du coke brûlés.

Constructions métalliques. — Au moyen du chalumeau d'hydrogène et d'oxygène, construit spécialement pour les besoins de la cause, on soude, par soudure autogène absolument parfaite, toutes les tôles de fer et d'acier de n'importe quelle épaisseur.

Ce travail devient des plus aisés et se fait plus rapidement que tous les rivetages.

Les chaudières de tous les systèmes, de toutes les formes, se construisent *sans rivet*, d'une seule pièce.

Tous les tubes seront soudés aux plaques tubulaires.

La résistance de ces chaudières sera augmentée de 25 à 30 0/0 sur leur valeur actuelle avec coutures en rivets croisés.

Pour les *ponts de chemin de fer*, ils seront faits en poutres d'une pièce et l'assemblage sur place se fera aussi par soudures autogènes, au moyen d'appareils transportables.

Les *coques de bateaux*, de navires en tôle de fer et d'acier, seront toutes d'une seule pièce. Un bateau sera une grande *pirogue de fer*.

On supprimera ainsi une des causes fréquentes des naufrages dues aux déchirures des tôles et au démontage progressif occasionné par les chocs répétés de la houle et des lames.

Le coût de ces soudures autogènes est des plus minimes et très inférieur au prix payé à ce jour pour les coutures par rivets.

Tout ce que nous venons de dire de l'industrie du fer peut se redire pour la plupart des autres métaux usuels.

Industrie du cuivre. — Avec l'oxygène on peut traiter et purifier d'un seul jet les pyrites de cuivre et les minerais associés au plomb, à l'argent, etc.

Les *mattes* seront réduites dans le four, à cause de la haute température.

Tous les métalloïdes seront écartés à volonté. En réglant la hauteur des fours et en proportionnant les températures des

couches de minerais et la qualité des gaz chauds introduits, on peut diriger les coulées à volonté.

Économie de temps, de charbon, de main-d'œuvre et considérable amélioration de la qualité des métaux obtenus de premier jet et modifiables à volonté pendant la fabrication.

Industrie de l'or. — Avec un courant d'oxygène et du charbon, on peut aisément fondre, sans grands frais, les roches les plus réfractaires, le quartz, la serpentine, tous les gneiss et les amphiboles, lieux de prédilection des métaux précieux.

La fonte est si complète que, par simple différence de densité, les métaux se logent au fond de la masse d'où on les extrait en économisant presque entièrement les frais du traitement : concassage du minerai, lavage, enrichissement au mercure ou cyanure de potassium et sodium.

Avec 8 à 10 0/0 du minerai en charbon, cette fusion est opérée.

Le traitement complet revient ainsi, pour les quartz aurifères, à 8 à 10 *f* la tonne, y compris les frais généraux.

Le traitement par voie de fusion est absolument nouveau pour les métaux précieux et n'est abordable qu'avec l'oxygène industriel.

2° Emplois de l'oxygène en chimie.

Il est évident que tous les produits chimiques, et surtout la fabrication des oxydes de toutes qualités, subiront le contre-coup de l'apparition de l'oxygène industriel à la portée des laboratoires et des usines de produits chimiques.

L'acide sulfurique anhydre, l'acide nitrique, les oxydes métalliques, la chimie organique, trouveront des emplois économiques et rapides que nous ne pouvons que rapidement esquisser ici.

Parmi les produits chimiques, un des plus importants dans l'industrie moderne est celui qui s'appelle *gaz à l'eau.*

Jusqu'ici, on fabriquait le gaz à l'eau par un courant d'air passant dans une masse de charbons incandescents ; lorsque la température est devenue très élevée, on renverse le courant et, au lieu d'air, on injecte, dans les charbons ardents, un courant de vapeur.

La vapeur se décompose et l'oxygène de l'eau, en se combinant au charbon, donne de l'oxyde de carbone CO et l'hydrogène sort avec CO, traverse un échangeur et s'emmagasine dans un gazomètre pour, de là, être brûlé en temps et lieux convenables.

Avec l'oxygène industriel, on fait passer, dans un *courant continu*, un mélange d'oxygène et de vapeur d'eau.

La décomposition de la vapeur d'eau *refroidit* la masse des charbons ardents, la combustion de l'oxygène avec le charbon produit de la chaleur.

On règle la proportion de l'oxygène et de la vapeur d'eau pour conserver une température constante dans la masse, entre 1 100 et 1 400°.

A cette haute température, on ne produit plus d'acide carbonique, mais uniquement de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

La totalité du charbon se transforme en gaz ; on n'en perd plus la moitié comme auparavant, pour chauffer la masse et réélever la température après chaque opération.

La composition du gaz à l'eau devient parfaitement fixe, constante.

On produit, de la sorte, 3 m^3 de gaz à l'eau par kilogramme de charbon, et le prix du mètre cube de gaz s'élève à environ *1 centime*, partout où le charbon vaut de 18 à 20 *f* la tonne.

La chaleur de combustion du gaz à l'eau est d'environ 2 550 calories au mètre cube.

Une innombrable série d'applications, en chimie, sont à prévoir par l'action combinée des oxydants aux hautes températures.

3° Emploi de l'oxygène dans l'éclairage.

On peut affirmer que l'éclairage, dans toutes ses branches, est transformé par l'usage de l'oxygène industriel.

Quelques chiffres suffiront à cette démonstration.

Si l'on utilise les manchons à incandescence, et qu'on brûle simultanément le *gaz à l'eau* obtenu par l'oxygène industriel avec un courant d'*oxygène*, on obtient une *lumière incomparable* et l'on protège la durée du manchon qui se comporte beaucoup mieux à ces hautes températures.

En brûlant 60 *l* de gaz à l'eau,

et 30 *l* d'oxygène à l'heure,

on donne 200 bougies avec un bec incandescent.

Le prix, comme on le voit, est infiniment bas, comparé aux dépenses actuelles de 200 bougies par n'importe quel système d'éclairage utilisé.

Si l'on se rappelle que le gaz à l'eau vaut 0,01 *f* par mètre cube et l'oxygène 0,01 *f* également, les 100 bougies-heure coûtent en prix de revient 0,001 *f* environ.

Au prix de vente, en *décuplant* ce prix, on a 0,01 *f* pour 200 bougies-heure.

Avec le gaz ou l'électricité ce prix varie aujourd'hui de 0,08 *f* à 0,10 *f* au minimum, dans les conditions les plus économiques.

L'électricité est plus chère encore.

L'éclairage au gaz ordinaire avec l'oxygène abaisse de moitié le prix de revient et donne une clarté franche et pure, sans aucune teinte blafarde ni verte ; de plus, le sommet des manchons reste aussi brillant que la base, sans présenter ces taches sombres qui apparaissent ordinairement dans les manchons brûlant du gaz d'éclairage.

Les bâtons de zircone ou de chaux recevant un dard produit par le chalumeau oxyhydrique rivalisent avec les arcs électriques et donnent 300 à 600 bougies pour une combustion de 100 à 120 *l* de gaz à l'eau et 50 à 60 *l* d'oxygène.

L'oxygène, porté dans un bec quelconque, augmente de 50 à 200 0/0 la clarté, donne à la flamme une teinte superbe et réduit beaucoup la production de l'acide carbonique et de la chaleur dans le local où l'on produit cette lumière.

Avec l'*acétylène* l'oxygène produit une flamme de toute beauté, la reine des flammes conservant à toutes les couleurs leur valeur réelle du plein jour.

L'acétylène brûle sans fumée, les becs ne charbonnent plus et l'éclairage devient, par l'emploi simultané des deux gaz, un des plus intensifs et des plus parfaits.

Expériences démonstratives.

Je vais vous montrer, messieurs, quelques expériences sur l'emploi de l'oxygène en industrie.

Voici un chalumeau à gaz, au centre un jet d'oxygène est chassé par l'effet d'une poussée due à la pression de 8 à 10 *cm* d'eau.

Le dard incandescent est porté à une température si élevée qu'en moins d'une minute on peut percer avec la pointe une plaque de tôle de 7 à 8 *mm* d'épaisseur, ou fondre plusieurs grammes de minerai de quartz aurifère, ou de cuivre, dans un creuset.

La température est voisine de 2200° dans le centre de la flamme.

Voici maintenant un courant d'oxygène apporté autour d'un manchon à incandescence. Vous voyez l'éclat incomparable qui remplace la lumière blafarde du bec Auer chauffé au gaz et à l'air atmosphérique. L'éclat est tel que la puissance lumineuse de ce même bec est *triplée* lorsque le volume de l'oxygène qui passe entre le verre et le manchon représente la moitié du volume du gaz qui le traverse du dedans au dehors. La combustion est alors totale avec la température maximum.

L'acétylène, dont la flamme est si belle, trouve un éclat nouveau par l'adjonction de l'oxygène.

Cette merveilleuse flamme activée par un jet d'oxygène paraît un peu jaunâtre lorsqu'on arrête le jet d'oxygène.

Dans toutes les flammes sans exception l'éclat est considérablement augmenté par l'adjonction d'un courant d'oxygène gazeux.

4° Emploi de l'oxygène dans l'hygiène.

Lorsque, dans une école où travaillent trente ou quarante enfants, surtout en hiver, on entre, venant du grand air, on est toujours péniblement frappé de la qualité viciée de ces atmosphères de classes.

Si on ouvre, dans un local rempli d'élèves, la conduite d'une canalisation d'oxygène, on transforme en quelques minutes la nature chimique de cet air.

Les enfants respirent un air riche en oxygène et ne souffrent plus de la ventilation trop imparfaite; *mens sana in corpore sano.*

Dans les bureaux, les salles de théâtre et partout où une réunion de personnes contamine l'air qu'elles respirent, l'emploi de l'oxygène est tout indiqué comme une des grandes innovations dans la région hygiénique des habitations.

Pour les *hôpitaux*, spécialement dans les salles *d'opérés*, l'apport abondant de l'oxygène est une cause de *guérison rapide.*

Pour les tuberculeux, les albuminuriques, les diabétiques, l'oxygène abondant a fait ses preuves.

Toutes ces démonstrations sont là, appelant à grands cris l'application courante de l'oxygène dans nos établissements hospitaliers, dans nos écoles, les théâtres, les cliniques et nos maisons.

Partout l'oxygène porte avec lui la vie et la lumière.

Conclusions.

De tout ce qui précède on peut conclure que l'*oxygène industriel* est appelé à opérer une véritable transformation de la métallurgie, de l'éclairage, de la fabrication de produits chimiques, et qu'enfin il sera un auxiliaire puissant entre les mains des médecins pour lutter contre toutes les causes qui menacent dès l'enfance la santé des hommes.

Chaque ville aura d'ici quelques années une usine à oxygène qui sera plus considérable certainement que les usines actuelles à gaz.

La consommation *du charbon* et de l'*oxygène* sera *plus faible*, car le charbon inutilement brûlé aujourd'hui pour chauffer l'azote ne sera plus employé que pour le but même de chaque opération.

Une grande usine de démonstration se termine à Manchester dans l'établissement Galloways. Il sera possible de liquéfier 35 000 *kg* d'air atmosphérique par jour, de les distiller et d'en obtenir 5 000 m^3 d'oxygène industriel destinés à tous les usages les plus variés :

Fabrication de chaudières sans rivet, de ponts sans rivet, de coques de bateau sans rivet.

Fusion des minerais de toutes espèces; toutes les applications à l'éclairage de l'usine et des abords.

Fabrication de produits chimiques, etc., etc.

Lorsque cette usine sera en plein fonctionnement elle servira de modèle à toutes les stations centrales des grandes villes.

Vous remerçiant Messieurs et chers Collègues de votre bienveillante attention, je vous promets de vous tenir au courant des progrès réalisés dans cette nouvelle branche de l'industrie.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. Ernest MAYER

INGÉNIEUR EN CHEF DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DE L'OUEST
ANCIEN VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

PAR

M. G. D'ERVAU

La longue et utile carrière d'Ernest Mayer a été souvent retracée dans d'autres enceintes, depuis le jour déjà lointain où une courte maladie nous l'a enlevé ; mais la Société des Ingénieurs Civils de France, où il était entré à la première heure et pour laquelle il a montré ses prédilections pendant un demi-siècle, tient à lui consacrer aussi une place d'honneur dans ses annales.

Ernest Mayer, né à Bordeaux le 28 juin 1823, est décédé le 9 décembre 1899. Sa vie fut toute de travail et de recherches, et il n'a jamais consenti à profiter du repos bien mérité qu'aurait pu lui assurer depuis longtemps la situation qu'il avait su se créer par ses œuvres.

Entré à l'Ecole Centrale en 1840, il en sortait avec le diplôme d'Ingénieur le jour de ses vingt ans et partait aussitôt pour le Creusot, cherchant sa voie comme tous les jeunes Ingénieurs des Écoles libres. Ce fut l'industrie naissante des chemins de fer qui l'attira, et le 1er février 1845 il entrait à la Compagnie de Saint-Germain d'où il passait, en août 1847, à la Compagnie sœur, de Paris à Rouen. Obligé de quitter momentanément cette dernière, par suite de suppression d'emploi, le 1er février 1850, il voulut mettre à profit l'expérience qu'il avait déjà acquise et il n'hésita pas à s'expatrier pour prendre une situation qui lui était offerte aux Chemins de fer piémontais, alors en cours de construction. Il y fut si apprécié que, lorsqu'il rentra en France en 1854, l'Administration du « Victor Emmanuel », tenant à son concours, le confirma dans ses fonctions d'Ingénieur en chef, et il continua de les exercer de Paris pendant une dizaine d'années, concurremment avec celles d'Ingénieur à la Compagnie de l'Ouest.

C'était en effet l'ancienne Compagnie de Rouen qui venait de le rappeler en 1854; et, l'année suivante, la fusion de toutes les lignes de la région formait enfin la Compagnie de l'Ouest actuelle qu'il ne quitta plus.

Nommé Ingénieur du Matériel et de la Traction le 1[er] octobre 1854, puis Ingénieur principal en 1856, il devenait Ingénieur-Chef du service, le 1[er] septembre 1857, puis Ingénieur en Chef, le 1[er] janvier 1870. En 1884, désirant un poste moins actif, il fut nommé Ingénieur en Chef Conseil de de la Compagnie et enfin retraité sur sa demande le 1[er] janvier 1895, avec les titres d'Ingénieur en Chef honoraire et de Président honoraire de la Société de secours des Ateliers et Dépôts de la Compagnie.

Né avec l'industrie à laquelle il devait consacrer sa vie d'Ingénieur, Ernest Mayer y apporta ses qualités maitresses de sagacité, de précision et de prudence; aussi trouvons-nous sa marque personnelle dans la solution de toutes les grandes questions issues du développement de l'entreprise nouvelle qui transformait les conditions économiques du monde.

Il créa de toutes pièces plusieurs types de locomotives; et deux d'entre eux, la machine binaire de la ligne de Turin à Gênes et la machine-tender de la banlieue de l'Ouest, ont résolu des problèmes restés ouverts jusqu'alors: la machine piémontaise permit, en effet, la remorque des trains lourds sur les rampes extrêmement raides du versant sud de l'Apennin, ce qu'aucun type antérieur n'avait encore pu réaliser, malgré le concours international de Semmering. Quant à la locomotive de la banlieue, qui régna seule pendant trente ans sur cette section, elle répondait à deux exigences antagonistes : dimensions réduites permettant de la tourner sur les plaques ordinaires à chaque débarcadère pour la dégager sans manœuvres; et puissance suffisante pour assurer la vitesse constante des convois, malgré des écarts extrêmes dans leurs charges.

L'intérêt captivant de ces grandes recherches ne détournait pas son attention des détails de construction du matériel. Ce fut lui qui préconisa, dès le début, les garanties de parcours à imposer aux fournisseurs, mode de contrôle généralisé aujourd'hui pour toutes les pièces qui le comportent. Il compta de même parmi les premiers partisans des grands écartements d'essieux, qui ont prévalu depuis. Il fit de longues et fructueuses études sur les soupapes et les souffleurs des machines, les essieux, les roues, les ressorts de suspension. Il rechercha notamment la

meilleure forme à donner aux boudins des roues et exposa sur ce sujet, en 1878, une note avec épures qui est restée un modèle. Il produisit à la même Exposition des instruments très ingénieux pour l'essai des bandages, pour le calage des manivelles, des poulies d'excentriques, etc. Enfin le Ministère de la Guerre lui doit divers appareils adoptés par la Commission militaire supérieure des Chemins de fer.

Mais ce fut en 1877, dans la question capitale des freins continus, qu'il donna toute sa mesure. Il était évidemment de ceux qui concevaient, dès cette époque, la révolution que cette découverte longtemps poursuivie allait opérer sur les chemins de fer, en renversant les barrières assignées jusqu'alors à l'intensité de la circulation et à la vitesse des trains. On devait donc s'attendre à lui voir pratiquer plus que jamais, à ce tournant de la carrière, le prudent éclectisme qu'il apportait volontiers dans ses décisions en laissant mûrir l'expérience. Ce fut le contraire qui se produisit. Si Ernest Mayer se montrait scrupuleux au point de paraître quelquefois timoré dans la sauvegarde des intérêts qui lui étaient confiés, il ne reculait jamais devant une responsabilité qui s'impose. Il comprit que l'exploitation d'une banlieue unique en France lui faisait un devoir de prendre la direction du mouvement nouveau; il activa les essais, puis, résistant à la séduction des freins directs de divers systèmes, si attrayants par leur simplicité, il adopta d'emblée, malgré de nombreuses critiques, le frein Westinghouse plus compliqué, mais présentant seul alors l'avantage de l'automaticité. On sait à quel point la pratique lui a donné raison.

Parallèlement à ses travaux techniques, Ernest Mayer se préoccupait avec un égal succès de toutes les questions financières intéressant la Compagnie. L'administrateur ne le cédait en rien, chez lui, à l'ingénieur, et il montra une compétence particulière dans la conduite du personnel. Dans cette voie, les institutions de prévoyance, d'un intérêt si pressant aujourd'hui, lui tenaient surtout à cœur. Aussi bien la Compagnie de l'Ouest a-t-elle eu l'honneur d'être l'une des deux premières à inaugurer la participation des Administrations de Chemins de Fer aux Expositions d'Économie Sociale. C'est que, dès 1860, Ernest Mayer avait fondé, pour les ouvriers de son service, la remarquable Société de secours qui fonctionne encore aujourd'hui sans aucune modification, et dont il resta toujours Président depuis cette date. Elle est d'ailleurs une des nombreuses œuvres humanitaires qu'il

a généreusement dotées dans ses dernières dispositions. Un peu plus tard, en 1869, il prit la plus large part à l'organisation de la Caisse des Retraites pour l'ensemble du personnel de la Compagnie et sut concilier, en vue du bien général, les intérêts opposés qui encombraient les abords de cette question délicate. Sur son initiative, la Commission adopta le système du recours partiel à la Caisse de la Vieillesse de l'État, pour que la dotation de la Compagnie pût profiter exclusivement aux retraités sans que, toutefois, les agents qui se retirent avant l'âge perdent le bénéfice de leurs versements personnels. Ernest Mayer, nommé Secrétaire de la Commission de la Caisse des Retraites à sa fondation en 1869, conserva ces fonctions jusqu'en 1895 et reçut, en 1894, une médaille, de M. le Ministre du Commerce, pour services rendus à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse.

Il a d'ailleurs été honoré de nombreuses distinctions du même ordre, notamment pour sa participation, dans les branches techniques ou économiques, à toutes les Expositions universelles.

Chevalier de la Légion d'honneur depuis 1858, il a été nommé Officier en 1880.

Malgré sa grande modestie, Ernest Mayer avait acquis trop de notoriété pour pouvoir se cantonner dans une carrière purement administrative. Dans les cas difficiles, il fut maintes fois recherché comme arbitre. Il dut aussi entrer dans un grand nombre de Comités et de Commissions. Au Comité de l'Exploitation technique des chemins de fer, où il fut nommé par arrêté ministériel du 13 février 1879, sa compétence lui avait assuré un rôle marquant. Comme Membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures, il prit une part active à la revision des droits de douane qui aboutit à la réforme de 1892.

Il était aussi Membre du Bureau des Poids et Mesures, du Bureau des Longitudes, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et de la Commission centrale des machines à vapeur. La sollicitude dévouée qu'il a conservée pendant toute sa vie pour l'École Centrale l'avait fait admettre de bonne heure au Conseil de perfectionnement de cette École. A l'étranger, enfin, il comptait parmi les Membres de la Mechanical Engineers Society et de l'Iron and Steel Institute.

Mais, comme nous l'avons dit en débutant, c'est sur la Société des Ingénieurs Civils de France qu'il porta toujours ses préférences. Entré comme Membre en 1850, au lendemain de sa création, il lui a constitué un legs important destiné à une fondation

qui portera son nom. Parmi les travaux auxquels il participa, nous trouvons, au *Bulletin* de 1852, un rapport sur la construction des bateaux à vapeur pour transporter à Londres les charbons du littoral; en 1889, la discussion de la communication de M. Svilokossitch sur l'unification des méthodes d'essai de résistance des matériaux; en 1890, la discussion de la note de M. Demoulin sur le tirage forcé et son application aux chaudières marines. Comme Membre du Comité et du bureau, il suivait les séances avec l'assiduité consciencieuse qu'il apportait en toutes choses et il y rendit des services très appréciés. Aussi fut-il porté huit fois au Comité, en 1867, 76, 79, 81, 82, 83, 87 et 88. Il fut vice-Président de 1868 à 1872.

La donation que la Société des Ingénieurs Civils vient d'accepter ne surprendra pas ceux qui ont approché Ernest Mayer dans sa vie privée. Non seulement il y montrait toutes les vertus familiales, mais les deuils répétés qui l'ont frappé cruellement et qu'il supporta avec une constance stoïque semblaient accroître en lui la compassion pour l'infortune. Sa main était toujours largement ouverte quand il s'agissait de soulager les misères ou d'encourager les efforts, et il mettait tant de discrétion dans ses bonnes œuvres que ce côté généreux de son caractère est à peu près ignoré.

Ernest Mayer était un homme de bien.

Il fut aussi un homme de grandes capacités professionnelles, de sentiments élevés et de rigide vertu; mais il était trop épris de simplicité pour rechercher une renommée bruyante et, si sa carrière même a eu tant d'éclat, c'est qu'elle fut celle d'un pionnier, ouverte, par conséquent, aux initiatives fécondes, aux décisions vitales, qui ne pouvaient passer inaperçues et que la pratique a remarquablement sanctionnées.

Ayant eu le privilège de servir longtemps sous ses ordres directs, je ressens profondément l'honneur d'être appelé à rendre hommage à sa mémoire devant tous ses Collègues de la Société des Ingénieurs Civils de France, qui regrettent avec nous l'Ingénieur distingué, le praticien au conseil sûr, l'homme toujours affable et bienveillant que nous avons perdu.

CHRONIQUE

N° 258

SOMMAIRE. — Transmissions à grande vitesse par engrenages. — Chauffage au charbon pulvérisé. — Briquettes de lignite comprimé. — Nettoyage des surfaces métalliques par un jet de sable. — Les écoles techniques supérieures en Allemagne. — Les carrières de marbre de Carrare.

Transmissions à grande vitesse par engrenages. — M. James Christie a fait récemment devant l'*Engineers' Club of Philadelphia*, une intéressante communication sur les conditions que doivent remplir les roues dentées pour les transmissions à grande vitesse, communication dont nous croyons devoir donner ici un résumé.

On est souvent conduit à employer des engrenages pour des transmissions où les vitesses à la circonférence et les pressions entre les surfaces en contact sont élevées toutes deux. Au point de vue statique, il suffit que les dents soient proportionnées de telle façon que la denture résiste à l'effort exercé et que d'autre part la pression ne soit pas assez forte pour altérer la forme de la partie portante des dents. Mais lorsque l'engrenage fonctionne, il se produit un glissement à l'entrée et à la sortie et, si les pressions sont considérables entre les parties en prise, la limite de résistance est dépassée et, si les matériaux sont de médiocre qualité, les surfaces sont altérées, autrement dit s'usent. Cet effet s'accentue surtout si, par suite d'efforts variables, il se produit des chocs. Il en résulte une formation de plats sur les faces courbes des dents et une usure rapide de la denture.

Un moyen de prévénir cet effet destructeur est de tailler les dentures de manière à ne laisser que le moindre jeu possible entre les dents en prise. On y arrive très bien, même pour les engrenages des plus fortes dimensions. On ne peut faire supporter à la fonte et au bronze des pressions aussi élevées qu'à l'acier, c'est pourquoi ce dernier est le métal par excellence pour les engrenages, et encore il ne s'agit pas d'un acier quelconque.

L'acier doux s'use très vite même aux vitesses modérées et ne convient pas à ce genre d'applications. Des pignons de laminoirs faits d'acier contenant 0,3 0/0 de carbone ont été détruits en peu de mois, tandis que d'autres semblables, mais en acier contenant 0,6 0/0 de carbone ont fait le même travail pendant plusieurs années.

Il y a quelques années, un cas s'est présenté où il s'agissait d'établir une transmission pour un laminoir. Les roues dentées devaient avoir respectivement 0,955 et 1,432 *m* de diamètre. Ces roues devaient tourner à 150 et 100 tours par minute et transmettre un travail de 2 500 *ch* environ. Comme le remplacement de ces organes présentait un sérieux inconvénient, une condition essentielle était qu'on put compter sur une

très longue durée de leur part. On fut amené a adopter, surtout pour le pignon, qui devait s'user davantage et qui, eu égard à la disposition du mécanisme, devait être le plus difficile à remplacer, une variété d'acier à teneur élevée en carbone. Le pignon fut forgé avec de l'acier coulé comprimé de la composition suivante :

Carbone	0,86 0/0
Manganèse	0,51 —
Silicium	0,27 —
Phosphore et soufre, moins de	0,03 —

La roue fut faite en acier fondu trempé de la composition suivante :

Carbone	0,47 0/0
Manganèse	0,66 —
Phosphore et soufre	0,05 —

Les dents avaient pour dimensions : pas 0,125 *m* largeur 0,610 *m*. Elles étaient taillées en forme d'arc de développante engendrée par une tangente inclinée de 16°. Il n'y avait aucun jeu entre les dents.

Après la mise en marche, on trouva qu'on pouvait donner une vitesse plus élevée qu'on ne l'avait prévu, de sorte qu'on finit par transmettre environ 3 300 *ch* correspondant à une pression de 375 *kg* par centimètre de largeur des dents. La vitesse était variable, mais atteignait parfois 260 tours par minute pour le pignon ce qui donne une vitesse à la circonférence de 12, 7 *m* par seconde. Cette transmission fonctionne sans interruption depuis plusieurs années et se comporte toujours d'une manière satisfaisante.

La plus grande vitesse dont l'auteur aie connaissance pour des transmissions de ce genre est celle qui a été indiquée par M. Geyelin (1) dans le bulletin de l'*Engineers Club* de juin 1894. La vitesse à la circonférence était de 19,82 *m* par seconde, mais la pression sur les dents ne dépassait pas 121 *kg* par centimètre de largeur ; on avait avec intention augmenté la vitesse pour réduire les efforts. La durée de ces dents ne paraît pas avoir été bien longue. Si on avait employé une matière mieux appropriée, on aurait pu avantageusement réduire le diamètre et la vitesse et avoir une durée beaucoup plus grande.

A peu près en même temps que la première application dont il a été question ci-dessus, il en a été fait une autre avec des rapports de vitesses différents et une vitesse à la circonférence moins élevée pour laquelle on avait employé l'acier suivant :

	Pignon	Roue
Carbone	0,90 0/0	0,60 0/0
Manganèse	0,64 —	0,64 —

Voici encore un autre exemple d'engrenages transmettant 2 400 *ch* à une vitesse circonférentielle de 3,81 *m* par seconde.

(1) M. Émile Geyelin, mort récemment, était un ingénieur alsacien qui avait été vers 1848 aux États-Unis pour y introduire la turbine Jouval. Il y était resté et s'y était acquis une réputation méritée comme constructeur de turbines et ingénieur hydraulicien.

Les diamètres respectifs étaient 1,22 et 2,44 *m* le pas 0,1905 et la largeur des dents 0,762 *m*, la courbure était un arc de développante avec la génératrice inclinée à 14°.

L'acier avait la composition suivante :

	Pignon	Roue
	—	—
Carbone	0,59 0/0	0,42 0/0
Manganèse.	0,55 —	0,73 —
Silicium	0,107 —	0,279 —
Phosphore	0,022 —	0,078 —
Soufre.	0,02 —	0,05 —

Ces transmissions ont toujours fait un excellent service et sont aujourd'hui en aussi bon état que le premier jour.

Comme la taille de grandes dentures en acier dur est très laborieuse, on peut quelquefois tailler les dents après avoir adouci le métal par un recuit avec refroidissement lent et en les durcissant après le travail par une trempe avec refroidissement brusque. On opère ainsi pour des vis sans fin et des roues de dimensions modérées. Dans ce cas il est désirable de conserver une faible teneur en manganèse 0,5 à 0,6 0/0 au plus, parce que une proportion plus élevée semble conférer au métal une dureté permanente que le recuit ne diminue pas facilement.

La question des formes à donner aux dents a pris un intérêt particulier depuis l'introduction des moteurs électriques qui exigent fréquemment l'emploi de transmissions à grande vitesse par engrenages. Les dentures en cycloïde si usitées précédemment paraissent céder la place aux dentures en développante pour des raison bien connues. Les conditions essentielles sont que les courbes en contact des dents soient normales au point de tangence des roues dans la longueur de l'arc d'engagement des dents. Si on prend pour type la courbe en développante, il est désirable d'avoir un angle uniforme d'obliquité pour la génératrice de la développante. L'adoption d'un angle de 15° par un fabricant éminent a conduit à la généralisation de l'emploi de cet angle. Toutefois l'auteur croit devoir rappeler qu'il y a une cinquantaine d'années, Mr Hawkins, qui fut un des premiers à préciser les avantages de la forme en développante pour les dents d'engrenages recommandait une inclinaison de 20° pour la génératrice et affirmait que cela n'avait aucun inconvénient au point de vue de la poussée latérale sur les coussinets des arbres.

Toutes choses égales d'ailleurs, plus la courbure des dents est aplatie, plus la denture est apte à supporter des pressions considérables. Mais avec des dents plus ou moins droites, il faut leur donner une longueur suffisante pour avoir toujours des dents en prise. Le frottement qui amène l'usure se produit avant et après le contact normal. Pour cette raison, pour les vitesses considérables quelque forme de dent permettant de réduire la longueur et d'avoir un faible arc d'engagement de part et d'autre de la ligne des centres pourrait être avantageusement employée.

En résumé pour les transmissions ordinaires, l'auteur conseille l'em-

ploi d'acier à 0,4 0/0 de carbone au moins. Si les vitesses et les pressions dépassent les limites courantes, un acier plus carburé devient nécessaire. Si on a une différence considérale entre les diamètres du pignon et de la roue, on peut ne faire que le premier avec de l'acier fortement carburé jusqu'à 1 0/0 par exemple. Avec de très grandes vitesses et pressions, le mieux est d'employer pour les deux roues de l'acier approchant de cette teneur, ou ayant une dureté analogue obtenue par moins de carbone et plus de manganèse.

Avec des dentures de cette matière et taillées avec soin et bien montées, on obtiendra une durée raisonnable si le produit de la vitesse par la pression divisé par le pas ne dépasse pas 1 000 000. Ainsi, une vitesse de 3 000 pieds par minute et une pression de 1 600 livres par pouce de largeur de denture avec un pas de 5 pouces rentrent dans ces conditions. En transformant les mesures anglaises en mesure métriques, on trouverait que le produit de la vitesse à la circonférence évaluée en mètres par seconde par la pression transmise par centimètre de largeur de dents exprimée en kilogrammes, ce produit divisé par le pas exprimé en centimètres, doit donner un chiffre comparé entre 350 et 400.

L'auteur fait observer que, dans les limites ordinaires de la pratique, les vitesses et les pressions peuvent varier en sens inverse, leur produit étant constant ; il faut du reste être prévenu que les règles ci-dessus supposent des pignons ayant un nombre raisonnable de dents et non le nombre minimum au point de vue cinématique, auquel cas il se présente des difficultés sérieuses pour la transmission.

Chauffage au charbon pulvérisé. — D'après l'*Engineering Record*, un système pour brûler le charbon pulvérisé a été récemment appliqué à une chaudière fixe dans un atelier de Brooklyn (N.-Y.). Ce système consiste en principe dans l'addition au chauffage ordinaire avec grille de l'emploi d'une trémie dans laquelle est introduit le charbon en poudre, d'un tambour tournant placé au fond de la trémie, laquelle est sur la façade de la chaudière et en travers de celle-ci et d'une transmission par engrenages. Le tambour tournant est muni de saillies qui projettent le charbon pulvérulent par de petites ouvertures sur le devant de la grille ; la poussière combustible est alors entraînée dans le foyer par le tirage même. Le système est mû par une petite machine à vapeur qui agit sur le tambour par l'intermédiaire d'un cliquet et d'une roue a rochet. Ce mécanisme est contrôlé par un régulateur de pression de telle sorte que sa marche n'est pas continue, mais n'est produite que lorsque la pression de la vapeur tombe au-dessous de la pression normale et cesse dès que celle-ci est dépassée. Cet effet est produit simplement par le déplacement d'un levier qui laisse ou non engager le cliquet dans les dents de la roue à rochet. Ce système, inventé par M. W. Westlake, de Brooklyn, est exploité par MM. Faber du Faur et Donnelly, de New-York.

L'appareil dont nous parlons a été monté sur une chaudière tubulaire à retour de flamme, système Beggs, de 35 *ch* de force nominale. Elle a 34,6 m^2 de surface de chauffe, ce qui, à raison de 1,4 m^2 par cheval, donnerait 24,7 *ch*. Le corps a 1 *m* de diamètre, 2,75 *m* de longueur

et contient 38 tubes de 75 *mm* de diamètre et 2,75 *m* de longueur et 20 tubes de 100 *mm* de diamètre et 0,915 *m* de longueur.

La grille primitive avait 1,04 × 1,35, soit 1,4 m^2 de surface, mais pour l'emploi du combustible en poudre, on a réduit la longueur à 0,85 *m* ce qui donne une surface de 0,88 m^2.

Le charbon employé pour la grille avait la composition suivante : eau, 2,39 0/0, carbone 82,15, matières volatiles 4,86, cendres 10,6. Le charbon réduit en poussière employé avec l'appareil avait la composition ci-après : eau 1,16, carbone 54,03, matières volatiles 29,83, cendres 14,78 0/0.

Les essais duraient de 7 h. 30 m. du matin à 5 h. 30 m. du soir, chaque jour, pendant plusieurs jours. La température de l'eau d'alimentation était de 16° 6 C., le tirage de 12,5 *mm* d'eau, sauf dans le troisième essai où il a varié de 6 à 18 *mm*.

Le tableau suivant donne le résultat de ces essais :

	N° 1	N° 2	N° 3
Poids du charbon en poudre. . *kg.*	260	175	219
— — ordinaire . . —	167	283	303
— total du combustible. . .	427	458	522
— d'eau vaporisée . . . . . . —	3 647	3 647	3 330
Eau vaporisée par kilogramme de combustible.	8,54	7,96	6,37
Eau vaporisée par kilogramme de combustible en vapeur à 100° avec de l'eau à 100°	10,2	9,48	7,58
Poids de charbon pur brûlé	363	393	447
Eau vaporisée par kilogramme de charbon pur.	10,06	9,28	7,45
Eau vaporisée par kilogramme de charbon pur en vapeur à 100° avec de l'eau à 100°	11,98	11,04	8,85

Le rapport sur ces essais fait remarquer qu'ils n'ont pas été faits dans le but de rechercher quel pouvait être le rendement maximum de l'appareil et, par conséquent, ne doivent pas être critiqués à ce point de vue. Ils ont eu simplement pour objet de constater ce que pouvait donner cet appareil dans les conditions ordinaires et normales du service courant et surtout de montrer que le système se prêtait à un écart notable en plus et en moins, par rapport à la production normale.

Ainsi le premier jour, on s'est préoccupé de brûler le plus possible de charbon en poudre et juste ce qu'il fallait de combustible sur la grille. Le second jour, on a renversé ces proportions et l'effet utile a notablement diminué. Le troisième jour, on a opéré intentionnellement avec

peu d'attention en cherchant à réaliser ce qu'on obtiendrait en pratique d'un très médiocre chauffeur, et le résultat a été ce qu'on pouvait en attendre.

On a calculé que le poids de combustible nécessaire pour maintenir le feu dormant pendant la nuit était de 113 *kg*, ce poids correspond à la quantité nécessaire pour parer aux pertes de chaleur du fourneau pendant 13 heures et demie et pour relever le matin la pression de 1,6 à 5,6 *kg*. Cette quantité ne figure pas dans les chiffres du tableau.

Les points intéressants à signaler dans ce système mixte sont en somme : 1° la fumivorité très satisfaisante ; 2° la réalisation d'un chauffage mécanique avec le degré ordinaire de tirage naturel et sans que le maintien des feux à l'état dormant pendant la nuit présente de difficultés ; 3° une action des variations de pression à la chaudière sur l'alimentation du foyer aussi rapide que celle d'un régulateur de machine à vapeur ; 4° la possibilité de conserver une marche économique avec des conditions de production très variables ; 5° la réduction de la main-d'œuvre à un taux qu'on peut estimer à la moitié de celle qui serait nécessaire sans l'addition de l'appareil, et 6° enfin l'emploi des combustibles les plus médiocres sans intervention du tirage forcé et avec très peu de dépense de force pour faire fonctionner le mécanisme.

Il semble que la combinaison des deux systèmes de chauffage permette de réaliser simultanément les avantages des deux en en évitant les inconvénients, et que cette disposition dont on peut, à première vue, ne pas apercevoir l'intérêt, présente des avantages réels en pratique.

Briquettes de lignite comprimé. — Le journal italien *Il Monitore Tecnico* appelle l'attention sur une nouvelle industrie qui vient de s'établir en Toscane, celle de la fabrication de briquettes de lignite comprimé. Cette fabrication, installée à Castelnuovo, près S. Giovanni-Valdarno, a pour objet de transformer le menu du lignite exploité dans la localité en briquettes utilisables pour le chauffage domestique et pour les besoins industriels.

Le combustible est amené dans des wagonets circulant sur une voie Decauville par une passerelle en fer à l'étage supérieur de l'atelier ; il tombe dans une trémie en bas de laquelle est une grille à larges mailles ; ce qui traverse la grille passe dans un broyeur à cylindres de construction spéciale puis dans plusieurs tamis en descendant tous les étages de l'édifice et la partie la plus menue est reprise au rez-de-chaussée par un élévateur qui l'introduit dans une étuve de dessication.

Cette étuve est formée par un cylindre en tôle à axe vertical de 5 *m* de diamètre et autant de hauteur, divisé par 27 diaphragmes creux en fonte dans l'intérieur desquels circule de la vapeur à 3 *atm* de pression.

Chaque diaphragme de même diamètre que le cylindre est percé d'une ouverture circulaire.

Des bras disposés autour d'un arbre vertical placé dans l'axe de l'étuve forcent la matière à tomber d'une capacité dans l'autre et à parcourir ainsi toute la hauteur de l'étuve de haut en bas.

Un ventilateur aspire la vapeur d'eau provenant de la dessication du lignite en poudre.

Celui-ci est ensuite amené dans un compresseur formé d'un piston mû par une bielle et manivelle qui refoule la matière dans une matrice ayant la forme de la briquette. La pression exercée est d'environ 10 *t* par centimètre carré. Cette énorme pression amène une cohésion suffisante pour agglomérer les particules de lignite sans intervention d'aucun ciment ou matière agglutinante.

La fabrique de Castelnuovo fait deux espèces de briquettes : la première, dite de *salon*, a 160 $\times$ 65 $\times$ 30 *mm* et pèse 0,333 *kg*; la seconde, dite *type industriel*, a 60 $\times$ 60 $\times$ 30 *mm* et pèse 0,140 *kg*.

Le matériel de la fabrique se compose d'abord de deux chaudières de Cornouailles de 1,80 *m* de diamètre et 7,50 *m* de longueur, avec des grilles à gradins et une alimentation continue et automatique pour brûler des déchets de lignite. Ces générateurs sont timbrés à 10 *kg*.

Il y a trois machines à vapeur. La première, de 90 *ch*, actionne les broyeurs et les élévateurs ainsi que divers appareils accessoires. La seconde, de 40 *ch*, met en mouvement le compresseur à briquettes. La dernière, de moindre puissance, commande une dynamo pour l'éclairage électrique de l'établissement.

Ces moteurs fonctionnent tous sans condensation, et la vapeur d'échappement sert au chauffage des étuves de dessication et une partie est employée dans un injecteur pour l'alimentation des chaudières.

Le lignite à l'etat naturel et sec a un poids spécifique de 1,15. Les briquettes ont une densité de 1,30, elles peuvent contenir au plus 3 0/0 d'humidité. Leur composition chimique est la suivante : carbone 63 0/0 en poids, hydrogène 5 et oxygène 27. La quantité de cendres ne dépasse pas 10 0/0. Un kilogramme de briquettes nécessitera ainsi 8,59 *kg* d'air en tenant compte des 10 0/0 de cendres.

Des expériences répétées ont donné un pouvoir calorifique moyen de 5 200 calories par kilogramme.

L'installation actuelle de Castelnuovo permet de fabriquer 40 *t* par jour tant d'un type que de l'autre. Le prix est de 25 L. par tonne pour le type *salon* et de 20 L. pour le type *industriel* livré en gare de S. Giovanni Valdarno. Ces prix permettent aux briquettes de lignite de lutter avec avantage pour la consommation intérieure, jusqu'à une certaine distance, avec les combustibles étrangers qui étaient les seuls dont pût s'alimenter l'industrie du pays.

Il ne faut pas se dissimuler d'ailleurs que ces briquettes ont contre elles un inconvénient sérieux au point de vue du transport, c'est le poids relatif élevé de l'unité de puissance calorifique.

Si on les compare avec du charbon anglais coûtant 40 *f* la tonne débarquée dans un port italien et ayant un pouvoir calorifique de 8 000. On trouve que les 1 000 calories coûtent 5 *f*, tandis que les 1 000 calories de briquettes coûtent $\frac{20}{5,2} = 3,85 f$, mais les 1 000 calories de charbon anglais ne pèsent que 125 *kg*, tandis que les 1 000 calories de briquettes pèseront 192 *kg*. En prenant un tarif de 0,04 *f* par tonne-kilomètre pour les deux combustibles, on trouvera les prix suivants aux diverses distances :

Distances.	Charbon anglais.	Briquettes.	Différence.	Pour 100.
—	—	—	—	—
100 *km*	5,50 *f*	4,62 *f*	— 0,88 *f*	— 16 0/0
200 *km*	6,00 *f*	5,39 *f*	— 0,61 *f*	— 10 0/0
300 *km*	6,50 *f*	6,16 *f*	— 0,34 *f*	— 5,2 0/0
400 *km*	7,00 *f*	6,93 *f*	— 0,07 *f*	— 1 0/0
500 *km*	7,50 *f*	7,70 *f*	+ 0,20 *f*	+ 2,8 0/0

On voit qu'à 400 *km* l'avantage des briquettes devient insignifiant. Ces chiffres n'ont d'ailleurs rien d'absolu et ne sont donnés que pour faire voir l'influence désavantageuse pour le transport à distance de la faible puissance calorifique.

Nettoyage des surfaces métalliques par un jet de sable. — Nous avons déjà eu l'occasion de parler des applications faites aux États-Unis du jet de sable pour le nettoyage des surfaces de diverses natures. Voici de nouveaux renseignements sur ce sujet.

Dans la construction du barrage mobile du lac Winnibigoshish, dans le Minnesota, l'ingénieur chargé des travaux, M. W. C. Weeks a fait usage de ce procédé pour nettoyer les fers et aciers qui arrivaient plus ou moins rouillés et souillés de graisse et autres matières. Avant d'opérer d'une manière définitive, on fit quelques essais préparatoires pour étudier les meilleures dispositions à donner aux appareils. On se servit comme compresseur de la machine d'un treuil à vapeur ayant deux cylindres de 126 × 180 *mm*. Les cylindres aspiraient l'air extérieur et le refoulaient dans la chaudière qui servait de réservoir d'air. Le compresseur était actionné par courroie par une locomobile ; on n'eut aucune difficulté à obtenir et à maintenir dans le réservoir une pression de 1,5 *kg* avec un seul injecteur.

L'air était conduit sur place par des tuyaux en fer de 25 *mm* de diamètre. Le sable était placé dans un baril à pétrole placé sur un échafaudage. Du fond de ce baril s'élevait un tube de 25 *mm* muni d'un robinet et aboutissant à un tuyau horizontal par lequel arrivait l'air comprimé. Sur le fond supérieur du baril était une ouverture avec tampon de fermeture par lequel on introduisait le sable desséché. Un autre tuyau partait de la conduite d'air pour aboutir au baril pour équilibrer la pression. L'injecteur raccordé par un tube flexible à la conduite horizontale se composait d'une pièce d'acier trempé de 6 *mm* de diamètre dont on se servait jusqu'à ce que son diamètre fut élargi par l'usure à 12,5 *mm*.

Les essais faits avec cette disposition démontrèrent que le sable ne pouvait pas s'écouler parce que le baril laissait échapper l'air. On fut obligé de la remplacer par un tube en fer de 0,10 *m* de diamètre et 4,80 *m* de longueur, qui donna d'assez bons résultats. On remplaça le compresseur par une machine jumelle à cylindres de 177 × 355 *mm* actionnée par une locomobile. On disposa deux canalisations avec réservoir et injecteur de manière à fonctionner d'une manière continue, un des appareils marchant pendant qu'on chargeait l'autre de sable. On emploie une pression de 1,25 *kg* et on introduit le sable à raison de 100 *l* envi-

ron à l'heure. Les injecteurs en acier trempé s'usent très vite et doivent être fréquemment remplacés.

On emploie un mécanicien pour la machine et quatre hommes, ce qui donne une dépense journalière de 46 *f*. La chaudière brûle environ 1 1/4 corde de bois, soit 12,50 *f*, total 58,50 *f*.

Il est difficile d'estimer le travail fait, parce qu'il est très variable suivant la nature des pièces soumises au nettoyage. On peut dire que deux jets de sable peuvent donner à l'heure 3,70 m^2 de surface nettoyée, ce qui donne une dépense de 1,60 *f* par mètre carré en supposant 10 heures de travail par jour. Sur les parois planes des portes d'écluses, on fait environ 8,5 m^2 par heure, ce qui réduit le prix du mètre carré à 0,70 *f*. En augmentant le nombre d'injecteurs, on diminuerait encore le prix élémentaire, mais le compresseur ne pourrait plus fournir assez d'air.

Le travail fait est excellent, toute la graisse, la rouille, l'oxyde, la peinture sont enlevées et le métal apparait avec sa couleur naturelle. On donne immédiatement une bonne couche de la peinture de Smith qu'on renouvelle une fois par semaine jusqu'à concurrence de trois couches. De récentes observations ont fait voir que cette peinture est complètement absorbée par le béton lorsqu'on noie les pièces métalliques dans cette matière et que la surface du métal apparait aussi nette qu'avant la peinture, mais, malgré cette disparition de la couche, le métal semble avoir moins de disposition à s'oxyder. Dans les parties qui ne sont pas en contact avec le béton, la peinture semble former une couche imperméable et élastique.

Le capitaine W. W. Harts a employé aussi dernièrement le jet de sable au nettoyage des portes d'écluse du canal qui tourne les chutes de la rivière Columbia.

Cette installation a commencé à fonctionner en mars 1900 ; elle comprend un compresseur Ingersoll-Serjeant, mû par courroie, une machine à vapeur et une chaudière, deux réservoirs d'air, le tuyautage nécessaire, deux réservoirs à sable et les injecteurs avec tuyaux flexibles. Le compresseur est à deux cylindres de 0,305 *m* de diamètre et 0,202 *m* de course, il a été acheté pour ce travail ainsi que les réservoirs à sable, les tuyaux, injecteurs, etc. Un des réservoirs d'air a été formé d'une vieille chaudière verticale dont on avait enlevé le foyer et les tubes. Le reste a été improvisé avec des matériaux d'occasion.

Le compresseur est actionné par la machine jumelle à cylindre de 178×254 *mm*, d'un treuil à vapeur de Lidgerwood dont le tambour avait été remplacé par une poulie de 0,814 *m* de diamètre. La vapeur est fournie par une chaudière horizontale qui brûle trois quarts de corde de bois par jour.

Le compresseur fonctionne à 150 tours par minute et donne environ 1 500 *l* par minute d'air comprimé à 2,8 *kg*. La pression est réduite à l'injecteur à 2,10 *kg*, le diamètre de l'orifice est de 12,5 *mm*.

Le système donne de très bons résultats pour le nettoyage des pièces d'acier qui présentent des angles, des creux, des têtes de rivets, etc., comme les portes d'écluse dont le nettoyage à la main serait lent et coûteux.

Le coût du nettoyage des portes d'écluse et de l'application de deux

couches de peinture est d'environ 1,60 *f* par mètre carré. Il faut cinq hommes, un pour la machine, deux pour sécher et manipuler le sable et deux pour manœuvrer les jets de sable. Ces hommes appliquent la peinture lorsqu'on a nettoyé une surface suffisante et que la machine est arrêtée.

Voici la composition de la peinture employée :

Pour la première couche, 40 livres de minium mélangé avec trois pintes d'eau et un gallon d'huile de lin brute ; pour la seconde, 40 livres de minium mëlangé avec trois pintes d'eau, trois onces de noir de lampe mêlé avec une quantité suffisante de térébenthine pour former une pâte et un gallon d'huile de lin brute. On a trouvé nécessaire d'humecter d'abord le minium avec de l'eau. Sans l'addition d'eau, il eût fallu une plus grande proportion de térébenthine et recourir à l'emploi de siccatifs, ce qui n'est pas bon pour la durée de la peinture. Quand la température extérieure est un peu élevée, on peut réduire un peu la proportion de minium. Les renseignements qui précèdent sont extraits d'un rapport du capitaine Harts, donné par l'*Engineering Record.*

Les écoles techniques supérieures en Allemagne. — Voici quelques chiffres intéressants sur la fréquentation des écoles techniques supérieures de l'empire allemand pendant le semestre d'hiver 1900/1901. Leurs cours ont été suivis dans cette période par 11 059 étudiants réguliers, 2 147 étudiants suivant seulement une partie des cours. et 1 408 auditeurs, soit en tout 14 614 contre 13 594 pendant le semestre d'hiver 1899/1900. Voici la répartition entre les diverses écoles :

ÉCOLES	NOMBRE DES			TOTAUX	
	ÉTUDIANTS réguliers	ÉTUDIANTS pour partie des cours	AUDITEURS	en 1900/1901	en 1899/1900
Aix-la-Chapelle. . .	445	92	20	567	540
Berlin.	3 107	814	422	4 343	3 804
Brunswick.	293	164	26	483	485
Darmstadt	1 366	132	65	1 563	1 616
Dresde	807	155	176	1 138	1 223
Hanovre.	1 077	248	133	1 458	1 296
Carlsruhe..	1 371	85	97	1 553	1 364
Munich	2 013	178	285	2 476	2 302
Stuttgart	570	279	184	1 033	964

C'est une moyenne de 1 624 personnes par école, mais les fréquentations sont très différentes d'une école à l'autre, comme le fait voir le tableau, l'école technique supérieure de Berlin ayant, par exemple. 8 fois le nombre d'élèves de celle de Brunswick.

On voit que l'augmentation totale a été, par rapport au semestre correspondant précédent, de 1 120, soit 8,2 0/0.

Les carrières de marbre de Carrare. — Il est universellement reconnu que les marbres d'Italie occupent les premiers rangs parmi les matériaux de cette classe. Comme couleur, texture, facilité de travail, résistance aux agents extérieurs, faculté de recevoir un poli parfait, ils ne peuvent être surpassés et sont rarement égalés.

Le district de Carrare, qui embrasse les communes de Carrare, Massa, Pietra Santa, Seravezza, Stazrema et Arni, est le centre de l'industrie de l'extraction du marbre. Carrare et Massa sont les deux communes les plus importantes; la première a, dans la ville, une population de 21 000 habitants et autant dans les villages qui sont autour dans la montagne et qui font partie de la commune. Massa a une population d'environ 24 000 habitants. D'une manière générale, la population mâle tout entière de ces deux communes est engagée dans une branche ou dans une autre de l'industrie du marbre.

D'après un rapport du consul anglais à Livourne, il y a actuellement, dans le district de Carrare, 611 carrières en activité dont 345 à Carrare, 50 à Massa, et le reste dans les diverses localités qui ont été énumérées ci-dessus. En dehors de ces carrières, il y en a un nombre peut-être encore plus considérable qui ont été ouvertes puis abandonnées comme improductives ou dont l'exploitation a été arrêtée depuis plus ou moins longtemps pour une raison quelconque.

D'après une législation déjà ancienne, les montagnes où se trouvent les carrières sont la propriété des municipalités. Les demandes de concession sont adressées au syndic de la commune et dans un délai raisonnable à partir de la découverte, la concession est accordée. Celle-ci est permanente, à condition d'être renouvelée tous les trente ans. De plus le concessionnaire doit payer une rente annuelle et exploiter effectivement. Cette rente est d'ailleurs purement nominale, car des carrières produisant par an des centaines de tonnes de marbre payant une redevance annuelle de 15 ou 20 *f*. Mais si on cesse de payer deux années consécutives ou qu'on reste le même temps sans exploiter, on tombe en déchéance. On peut vendre ou céder la concession, elle peut passer en d'autres mains par voie d'héritage sans qu'il soit besoin d'obtenir l'autorisation formelle de la commune.

Jusqu'en 1890, la plus grande partie du marbre extrait était amené aux chantiers de taille ou à la *marine* par des attelages de bœufs. La marine, qui est le point où on embarque tout le marbre qui doit être transporté par mer, est à 10 *km* à peu près de Carrare. Le chemin de fer qui sert à l'exploitation des carrières, qui avait été en partie ouvert dès 1876, a été complété en 1890. Cette ligne, qui a environ 25 *km* de longueur, est une merveille de construction. Elle va de la marine à Carrare, en se raccordant à Arenza avec la ligne Gênes-Pise-Rome du réseau de la Méditerranée. De Carrare, elle gravit la montagne avec de nombreux tunnels et viaducs, jusqu'à un point qui se trouve à environ 450 *m* au-dessus du niveau de la mer (1).

(1) Une description détaillée de chemin de fer a été donnée dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. CIII, p. 342, par M. Ch. Prebler Scheibner, et un résumé de cet article a paru dans la *Revue générale des Chemins de fer* de novembre 1891.

Pour un observateur ordinaire, le système d'extraction et de manutention du marbre à Carrare paraîtra entièrement primitif. Il y a quelques années on a introduit un système de sciage pour détacher les blocs de la masse au moyen d'un fil métallique sans fin passant sur des poulies. Mais l'emploi de ce procédé est assez limité et peu de carrières l'ont adopté; les autres continuent à employer la vieille méthode de la mine, qui a l'inconvénient de donner beaucoup de déchet. On passe des mois à percer à la main les trous nécessaires pour recevoir les explosifs. On détache à chaque opération des masses de marbre pesant 4000 à 5000 *t*. Il faut ensuite consacrer un travail interminable et rebutant à déplacer les blocs ainsi détachés et à les mettre dans une position convenable pour les débiter en pièces marchandes. Le sciage se fait également à la main; une lame unique, fixée à un châssis en bois et manœuvrée par deux hommes, un à chaque bout, fait tout le travail à l'aide de sable et d'eau. L'avancement est nécessairement très lent, et on met des semaines et même des mois à scier des blocs.

Presque toujours, les carrières sont à une certaine hauteur au-dessus du chemin de fer. Les blocs de marbre sont placés sur des espèces de traîneaux et descendus le long du flancs de la montagne à l'aide de cordes, jusqu'aux stations de chargement. Là, on pourrait employer, avec une énorme économie, des grues pour charger le marbre sur les wagons plates-formes, tandis que le travail se fait entièrement à bras d'hommes avec les engins les plus primitifs, cordes, rouleaux et pinces.

Les blocs destinés à être sciés dans les chantiers de débit y sont amenés par chemin de fer ou par attelages de bœufs; ceux qui doivent être exportés sont dirigés vers la marine.

Pendant l'année 1899, il a été embarqué pour l'exportation 204 813 *t* de marbre évaluées à un total 17 500 000 *f*; sur ce chiffre, 20 0/0 étaient à destination des États-Unis. Comme on l'a indiqué plus haut, les municipalités afferment les carrières à un taux purement nominal; toutefois il est de plus perçu un impôt sur le marbre noir expédié par mer, et ce à raison de 5 *f* par mètre cube, et sur les feuilles débitées à raison de 0,35 *f* par tonne. Les marbres travaillés, tels qu'objets de sculpture et analogues, sont exempts de droits.

On trouve dans les montagnes au voisinage de Carrare diverses variétés de marbres colorés. Deux variétés de marbres bleu et gorge de pigeon, désignés par les noms de Bardiglio et Pavonazzo, sont bien connues, la première étant très employée et d'un prix très élevé. On a découvert récemment, près des villages de Grognana et de Castelpoggio, au nord de Carrare, de nouvelles variétés très belles de marbres de fantaisie.

On exploite aux environs de Castelpoggio une très belle espèce de marbre rouge, et on trouve à Monte d'Arni et à Foce, près de Carrare, des variétés du marbre noir et or bien connu. Ce marbre est semblable à celui qu'on trouve à Porto Venere, dans le golfe de Spezzia, et qui présente un fond noir foncé sillonné de veines jaunes.

En dehors de ces marbres de couleur, on a découvert de l'onyx de belle qualité à Monte d'Arni. Toutefois, ces carrières ne sont pas exploitées activement en ce moment, parce que, dans les conditions actuelles,

on ne peut le faire avantageusement. Les négociants et exportateurs de Carrare font aussi largement le commerce des marbres jaunes bien connus de Sienne et des diverses variétés de marbres de Numidie. Ces derniers proviennent des carrières d'Oran, en Algérie.

L'étendue de son commerce avec tous les pays, la variété, la qualité et la beauté de ses marbres ont mis à juste titre Carrare au premier rang des centre de production de marbre du monde. Cette ville occupe cette situation depuis des siècles et paraît devoir la conserver encore longtemps. Ce qui précède est extrait du *Journal of the Society of Arts.*

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1901.

Rapport de M. Ch. Lavollée, sur **la Mission lyonnaise d'exploration commerciale en Chine, 1895-97.**

Rapport de M. Léon Appert, sur **le procédé de fabrication mécanique des bouteilles, etc.,** de M. Claude Boucher, de Cognac.

L'inventeur a réussi a combiner une machine qui lui permet de fabriquer mécaniquement et dans des conditions industrielles pratiques des bouteilles qui ne le cèdent en rien aux meilleurs produits fabriqués à la main. Il a cherché à se rapprocher, par des dispositions mécaniques qu'il a adoptées, de la succession des opérations manuelles à l'aide desquelles l'ouvrier façonne, avec le secours de ses poumons, les diverses parties de la bouteille et tout en tenant compte des qualités spéciales du verre qui doit être employé.

La machine, que nous ne saurions décrire sans l'aide de figures, emploie de l'air comprimé à une pression qu'on peut faire varier suivant les phases de l'opération. Elle permet de faire des bouteilles de toute espèce de formes et de toutes capacités, aussi bien que des carafes, des flacons, des bocaux et toute espèce de verres ayant un col de grande ou de petite dimension; elle est d'un prix peu élevé et modifie de la façon la plus satisfaisante les conditions du travail des ouvriers préposés à la fabrication des bouteilles.

M. C. Boucher a déjà fabriqué par ce procédé, depuis deux ans, plusieurs millions de bouteilles, et des verreries importantes en France et à l'étranger emploient déjà ces machines.

Rapport de M. Vincent, sur la seconde édition du **Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre de betterave,** par M. Horsin-Déon.

Rapport de M. A. Livache, sur **le traité général des applications de la chimie,** par M. Garçon.

Rapport de M. Leroux, sur son ouvrage intitulé **La lampe à incandescence,** par M. Grininger.

Rapport de M. Ed. Sauvage, sur **les Rapports généraux de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction,** rédigés par MM. Baclé et Debray.

Rapport de M. Tisserand, sur un livre intitulé **Manuel de l'agriculteur algérien,** par MM. Rivière et Lecq.

Etudes sur **la composition du lait et des produits de la laiterie,** par M. Antonin Rolet.

La production du lait est une des plus importantes parmi les productions agricoles de la France, car la valeur des 82 millions d'hectolitres produits en 1898 représente 1 235 millions de francs. Il constitue, comme on sait, la nourriture à peu près exclusive des nourrissons en même temps qu'un aliment pour l'adulte. Aussi a-t-il attiré à juste titre l'attention des hygiénistes.

La note, d'un caractère très spécial, étudie particulièrement le lait des vaches de la race de Montbéliard, qui alimente les fruitières de Franche-Comté, et entre dans des détails circonstanciés sur le régime des vaches soumises aux expériences, sur le prélèvement des échantillons de lait, le contrôle de celui-ci, la densité et l'acidité du lait, la variation de ces éléments suivant les époques de l'année étant représentée par des diagrammes.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale à décerner dans les années 1901 et suivantes.

Notes de mécanique. — On trouve sous cette rubrique une note sur quelques progrès dans l'application des gaz des hauts fourneaux à la production de l'énergie d'après la communication faite par M. Lurmann à la réunion des métallurgistes allemands, à Dusseldorf, le 24 mars dernier; la description de la machine à faire le métal déployé de M. L. Curtis; du chargeur de haut fourneau Kennedy; une note sur l'emploi de la puissance hydraulique dans les aciéries, d'après M. R.-M. Daelen et enfin une note sur un procédé pratique pour la correction de l'erreur secondaire des chronomètres, par Ch.-E. Guillaume.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1e trimestre de 1900.

Situation de la question du béton armé, par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le but de cette note est de préciser certains points relatifs au béton armé sur lesquels l'auteur diffère d'opinion avec M. l'Ingénieur en chef Hurel de la Noé, auteur d'une note sur les déformations et les conditions de la rupture dans les corps solides, insérée dans les *Annales* (voir les Comptes rendus de décembre 1900, page 800).

Mémoire sur **le tracé et le calcul des voûtes en maçonnerie,** par M. Legay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur rappelle sommairement les diverses théories présentées depuis un demi-siècle sur la question de la forme rationnelle à donner aux voûtes en maçonnerie en vue d'obtenir la meilleure utilisation possible de la matière.

On doit admettre que la question des voûtes en maçonnerie ne diffère de celle des arcs métalliques qu'à un point de vue : c'est qu'en raison de la prédominance des charges permanentes dans les ouvrages en maçonnerie, il y a un grand avantage à réduire dans la mesure du possible les efforts dus à cette charge. On en réduira à zéro les moments fléchissants si on peut faire coïncider la fibre moyenne avec la courbe des pressions. D'où la question que se sont posée de nombreux auteurs. On arrive nécessairement à l'articulation aux naissances et à la clef.

Dans les voûtes encastrées (c'est à peu près le cas habituel de la pratique), le meilleur parti à prendre est de déterminer d'abord la forme de la voûte, comme si elle était articulée à la clef et aux naissances, de calculer ensuite les moments fléchissants. D'ailleurs, l'importance relative des efforts dus à ces moments sera, en général, bien au-dessous de ceux admis dans la méthode usuelle, surtout pour les surbaissements faibles ou moyens.

On est donc amené à considérer successivement :

1° Les voûtes infiniment minces, supposées articulées aux naissances et à la clef;

2° Les voûtes d'épaisseur finie, toujours dans l'hypothèse de la triple articulation;

3° Les voûtes sans articulation.

Ces diverses questions sont étudiées en détail.

Comme conclusion, l'auteur propose de donner à la fibre moyenne la forme d'une courbe transcendante dont la chaînette est un cas particulier, et à laquelle il donne le nom de caténoïde; le point de passage de la résultante effective des pressions aux naissances et à la clef, dans ces voûtes, se détermine par des tables annexées au mémoire; il est à remarquer qu'il y a intérêt dans ces voûtes à réduire l'épaisseur à la clef notablement en dessous de ce qu'indiquent les formules classiques.

Le calcul peut être fait très rapidement, y compris celui dû aux charges incomplètes ou dissymétriques, auxquelles il convient d'avoir égard avec des voûtes de faible épaisseur.

Note sur les résultats obtenus dans **l'entretien des routes nationales empierrées du département de la Marne,** par M. Monet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La note a pour objet de faire connaître les résultats amenés par le changement des procédés d'entretien de 1880 à 1892 dans le département de la Marne. Ce changement a porté sur les matériaux remplacés par d'autres moins chers ou meilleurs et sur la main-d'œuvre à laquelle on a substitué le cylindrage dans la plus large mesure possible.

Le résultat a été qu'avec les mêmes conditions on a pu augmenter de 60 0/0 le cube des matériaux employés à l'entretien et que, pour réaliser le même degré d'entretien avec les anciens errements, il eût fallu une augmentation dans les crédits de 200 000 *f* au moins.

La région du Rhône alpestre, observé au pont de Collonges, près de Saint-Maurice. Note de M. A. van Muyden, Ingénieur.

Cette note accompagne deux diagrammes résumant une statistique

de jaugeage établie en vue de déterminer le régime d'une force motrice dérivée du Rhône produite par une série de rapides de 40 *m* de chute totale immédiatement en amont de Saint-Maurice, en Valais. Les relevés ont été faits au pont de Collonges, à la station limnimétrique d'Outre-Rhône (altitude 448 *m*) située à 6 *km* en amont de Saint-Maurice à 26 *km* du lac Léman et à 135 *km* du glacier du Rhône.

Ces statistiques font voir qu'on peut évaluer l'étiage normal à 25 m^3, sauf à remarquer que le débit n'est tombé à ce chiffre que pendant une durée de onze jours par an en moyenne.

La note fait remarquer que grâce à l'altitude, à l'escarpement et à l'orientation de ses massifs montagneux, la Suisse est le pays d'Europe qui, en proportion de sa superficie, reçoit et rend à la mer le plus d'eau météorique. Ce volume représente un tribut moyen de 23 *l* par kilomètre carré de superficie intéressée et par seconde. D'autre part, si on considère la chute annuelle moyenne de pluie et de neige sur l'ensemble du territoire suisse (évaluée à 1,25 *m* par M. Billviller, chef du bureau météorologique central suisse), on voit que cette tranche d'eau correspond à un produit moyen de 38 *l* par kilomètre carré et par seconde. La différence, soit environ 40 0/0, est enlevée du sol par l'évaporation.

Note sur des **accidents survenus dans l'emploi des récipients de vapeur,** par M. Maurice Bellom, Ingénieur des Mines, secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines*, et nous en avons parlé dans les Comptes rendus de février 1901, page 422.

Fondation à l'air comprimé des murs de l'avant-port de Dieppe. Accidents visuels dans la chambre de travail des caissons et appareils et matières employés pour les combattre. Note par M. Herzog, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les ouvriers employés au déblaiement à l'air comprimé ont éprouvé de graves malaises du fait des gaz qui se dégageaient du terrain remué. Ils éprouvaient des maux d'yeux qui les rendaient momentanément aveugles. La nature de ces gaz (acide sulfhydrique et hydrocarbures) pouvant faire redouter des explosions, on employa, pour l'éclairage, des lampes de sûreté. Quant aux troubles visuels, on s'est servi de divers appareils ou procédés de désinfection qui n'ont donné que des résultats incomplets, mais qui au moins ont réussi à donner à l'ophtalmie qui sévissait sur les ouvriers un caractère assez bénin, puisqu'elle cédait au bout de trois ou quatre jours au traitement médical.

Note sur la **décomposition des ciments de Portland dans l'eau de mer,** par M. le baron Quinette de Rochemont, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

M. Michaelis recommande, pour éviter la destruction du mortier de ciment de Portland par l'eau de mer, destruction qui tient à la mise en liberté de la chaux à l'état libre dans le ciment, d'ajouter au ciment de Portland des pouzzolanes (trass) qui, en se combinant avec la chaux libre, fixent celle-ci et la rendent finalement utile, de nuisible qu'elle était.

Une commission, nommée par le Ministère des Travaux publics de Prusse, a procédé à des expériences qui ont duré un an environ. Ces expériences ont confirmé les indications de M. Michaelis; mais des essais spéciaux en grand et comportant une longue période d'observations sont nécessaires pour fixer les proportions de l'addition du trass.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Mars 1901.

Notice sur la vie et les travaux d'Aug. Scheurer-Kestner, par M. Ch. Lauth.

Entretien rapide sur la céramique, par M. G. Vogt, directeur technique de la Manufacture de Sèvres.

Réserve gros bleu d'alizarine sous rouge de paranitraniline, par M. Marius Richard.

Réserves solides sous rouge de paranitraniline, par M. M. Richard.

Application de l'acide lactique au noir d'aniline, par M. Goldovsky, et rapport par MM. Albert Scheurer et Aimé Schoellkopf.

Rapport sur le dessin industriel, présenté par M. Alfred Favre.

Liste des membres de la Société industrielle de Mulhouse.

Bulletin d'Avril 1901.

Conférence sur les rayons de Becquerel et de Curie, par M. Bagard, professeur à Dijon.

Note sur l'action des diazoïques sur la laine, par M. Jules Brandt.

Note sur un nouveau mordant pour colorants basiques, par M. Camille Favre.

Application des couleurs azoïques au bistre de manganèse, par MM. F. Binder et Ch. Zundel.

Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. — Rapport de M. Walther-Meunier sur les travaux exécutés sous sa direction pendant l'exercice 1900.

Nous relevons dans ces travaux un essai de vaporisation fait sur le chargeur mécanique de Manckner installé sur une chaudière semi-tubulaire ordinaire de 70 m^2 de surface de chauffe. On a opéré tantôt avec le chargeur mécanique, tantôt avec le chauffage à la main. On a trouvé un avantage de 1,63 0/0 en faveur du chauffage mécanique. Il est juste d'ajouter que le chauffage à main ayant été fait par l'inspecteur-chauffeur de l'Association alsacienne, c'est-à-dire dans des conditions supérieures à celles de la pratique courante, la différence réelle doit être plus grande et que l'appareil Manckner donnera d'autant plus d'économie que les chauffeurs seront plus mauvais.

Nous signalerons quelques appréciations intéressantes sur les machines, chaudières, moteurs à gaz, etc., de l'Exposition universelle de 1900.

Rapport sur le service des installations électriques en 1900, par M. V. Kammerer.

On signale dans ce rapport le danger des courants à basse tension dont en est porté à ne pas se défier et qui peuvent produire des accidents mortels surtout dans les locaux humides où l'air est chargé de vapeurs souvent salines ou acides qui diminuent la résistance électrique des ouvriers.

Nous trouvons également indiqué un fait assurément curieux : l'aimantation de presque toutes les parties d'une machine à vapeur, aimantation qui a eu pour effet d'accroître notablement la différence entre la puissance indiquée sur les pistons et la puissance débitée par l'alternateur, cette dernière mesurée au watt-mètre. Des essais minutieux ont fait reconnaître que les pertes par hystérésis et par courants de Foucault qui, pour un alternateur de ce genre, ne devraient pas dépasser 2,5 à 3,5 0/0, soit, au grand maximum, 4 à 5 *ch*, s'élevaient, du fait de l'aimantation, à 30 *ch*. On peut en conclure que l'accouplement direct d'alternateurs homopolaires ou à fer tournant avec des machines à vapeur, et principalement avec des machines compound, est à éviter.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 21. — *25 mai 1901.*

Exposition universelle de 1900. — Ponts et charpentes métalliques, par C. Bernhard *(suite)*.

Usine allemande de la fabrique américaine de machines-outils de Niles, à Ober-Schöneweide, près Berlin.

Wagons à déchargement automatique, par M. Bühle.

La science de la résistance des matériaux, par O. Mohr.

Groupe de Dresde. — Appareils d'alimentation automatique pour chaudières.

Revue. — Chemins de fer funiculaires à traction électrique.

N° 22. — *1er juin 1900.*

Exposition universelle de 1900. — La machine à vapeur, par M. F. Gutermuth *(suite)*.

Exposition universelle de 1900. — Les fermetures de culasses de canons, par J. Castner.

Le service des machines des mines de la Ruhr au commencement du xxe siècle, par H. Hoffmann.

Groupe de Poméranie. — Canalisation de la ville de Stettin.

Bibliographie. — Principes de la Sidérologie, par H. von Jüptner.

Revue. — Concours pour le projet d'un pont-route fixe sur le Neckar, près de Mannheim. — Les aciéries de Mannhein.

Correspondance. — Ponts et charpentes en fer à l'Exposition universelle de 1900. — Nouveautés dans le domaine de la téléphonie.

N° 23. — *8 juin 1901.*

Installation électrique pour le déchargement du charbon au port de Rotterdam.

Essais à la traction sur des éprouvettes entaillées, par A. Martens.

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Groupe de Francfort. — Installations de force motrice par le gaz et grands moteurs à gaz.

Revue. — Exposition universelle de 1900. — Le développement de l'industrie au Canada et l'utilisation des forces naturelles. — Rupture des entretoises de foyers.

Correspondance. — Funiculaires à traction électrique.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

I[re] SECTION

Routes et chemins vicinaux, par O. Roux, Conducteur des Ponts et Chaussées, Bibliothèque du conducteur des travaux publics (1).

Ce volume très intéressant sur les voies de communication est divisé en 5 parties :

Dans la première, il est fait une classification des routes, en indiquant toutes les dimensions utiles des éléments qui constituent nos routes nationales, départementales, etc.

Dans la deuxième partie, l'auteur indique le moyen de procéder au projet d'une route ; l'étude du tracé donne lieu à un grand nombre d'indications des plus utiles pour résoudre toutes les difficultés qu'on rencontre dans la pratique. Il suffit de passer ensuite à la rédaction de l'avant-projet, puis à la rédaction du projet définitif, au sujet desquels sont donnés tous les renseignements administratifs utiles, avec des exemples de graphique et de cartes vicinales.

Dans la troisième partie, on trouve un grand nombre de renseignements sur les travaux neufs et d'entretien : piquetage, terrassement, construction et entretien des chaussées, organisation des cantonniers et plantations.

Le budget des routes fait l'objet de l'étude de la quatrième partie.

Enfin, dans la cinquième partie, nous trouvons des renseignements sur les ressources qui servent à l'entretien de ces routes.

Dans une très importante annexe sont réunies des notes, fort intéressantes, relatives au cheval, à la voiture, aux harnachements.

En résumé, l'ouvrage de M. Roux constitue un manuel des plus complets et des plus intéressants, qui sera consulté, non seulement par les agents des Ponts et Chaussées, mais encore par tous les Ingénieurs civils qui ont à traiter les questions délicates, et souvent peu connues, de la construction des voies de communication dans les pays neufs.

Lucien Périssé.

III[e] SECTION

Analyses nécessaires au chimiste-métallurgiste, suivies d'une **Méthode générale d'analyse qualitative** et d'une **Étude des travaux pratiques effectués dans un laboratoire** (2), par Joseph Cadet, Ingénieur des Arts et Manufactures, et Georges Rodick, Chimiste-Métallurgiste.

Le livre de MM. Joseph Cadet et Georges Rodick, que vient de publier

(1) Volume de 579 pages, illustrées de 275 gravures, Veuve Charles Dunod, éditeur, 49, quai des Grands Augustins, Paris, — 6e.

(2) In-8° 250 × 165 de 145 p. Paris, Ch. Dunod et fils, 1901. Prix br. 8 *f*.

la librairie Ch. Dunod et fils, peut servir de manuel de docimasie au chimiste débutant, comme d'aide-mémoire au manipulateur exercé.

Il se divise en trois parties qui ont pour titres : la première, *Méthode d'analyse* ; la seconde, *Méthode générale d'analyse qualitative* ; la troisième, *le Laboratoire*.

La méthode générale d'analyse qualitative dont l'exposé est rendu très clair par les tableaux synoptiques qui en résument les principes, est surtout à signaler comme la partie du livre la plus intéressante et, d'ailleurs, la plus utile pour le débutant.

La première partie est consacrée à décrire les analyses des fers, fontes. aciers, ferro-manganèses, ferro-siliciums, minerais de fer, de plomb, de cuivre, phosphates, combustibles, etc.

Cette partie docimasique, considérée par les auteurs comme la partie la plus importante de leur ouvrage, donne un exposé rapide, succinct, mais très clair, pour le dosage de chaque corps, non pas d'un choix de méthodes prises parmi les meilleures qui servent dans les laboratoires industriels, mais d'une méthode seulement dont la précision et la valeur pratique ont pu être appréciées par les auteurs, à la suite d'une longue application qu'ils en ont faite dans leur laboratoire. C'est une sélection de procédés de dosage qu'ils offrent au lecteur avec la garantie de leur expérience personnelle.

La troisième partie du livre, le « Laboratoire », peut être utile, en effet, au débutant, comme le disent les auteurs dans leur préface, par les conseils pratiques qu'ils y exposent.

Une observation, cependant, peut être faite, relative à la méthode indiquée pour la prise d'échantillons d'une fonte. « Les gueusets choisis, une fois nettoyés à la brosse en fer, sont cassés en deux par le milieu. Dans une des moitiés de chacun des gueusets, *sur la section de la cassure*, on forera un trou, etc... ». La limaille qu'on retirera de ce trou ne donnera pas, à l'analyse, la composition du gueuset. La partie centrale d'un gueuset de fonte a une composition différente de celle de sa surface et de sa partie inférieure. Des liquations de sulfure de fer, de phosphure, de siliciure, se font dans l'épaisseur d'un gueuset de fonte, comme dans la section d'un lingot d'acier. Le trou *doit être percé dans l'épaisseur du gueuset*, au centre de sa surface et de part en part, afin que la limaille qu'on en retire représente une prise moyenne de sa masse.

On constatera que le livre de MM. J. Cadet et G. Rodick est publié par la maison Dunod, avec tous les soins méticuleux qu'elle apporte dans toutes ses publications scientifiques.

A. POURCEL.

IVe SECTION

Traité complet de l'Expertise judiciaire (1), par L. MALLARD.

Le livre que vient de faire paraître M. Louis Mallard, greffier au Tribunal civil de la Seine, sous le titre de

(1) In-8° de 250 × 165, de XVI-502 pages. Paris, 1901. Marchal et Billard, 27, place Dauphine. Prix, br. 7 fr. 50 c.

présente un grand intérêt pour les ingénieurs civils appelés à remplir les fonctions d'arbitres ou d'experts près les Tribunaux de commerce et les Tribunaux civils.

Il s'agit, en effet, d'un traité de l'expertise judiciaire écrit avec méthode, netteté et précision, et qui a été divisé par l'auteur en 7 titres relatifs, le 1er à des considérations d'ordre général; le 2e aux règles de l'expertise devant les Tribunaux civils et les cours d'appel; le 3e à celles suivies en justice de paix; le 4e à la matière commerciale; le 5e à l'expertise après admission à l'assistance judiciaire et aux accidents du travail; le 6e à la matière administrative et le 7e, enfin, à la matière criminelle.

Cet exposé est complété par un formulaire comprenant 157 modèles de rapports, décisions de justice, actes de procédure ou autres se référant aux quatre juridictions.

Toutes les difficultés pouvant naître de l'application des règles de l'expertise s'y trouvent résolues. Les questions sont posées suivant l'ordre logique des faits et après une discussion théorique dont la conclusion est toujours appuyée de nombreux documents de jurisprudence, l'auteur qui est avant tout un praticien, a ajouté, suivant les cas, des usages et un très grand nombre de données pratiques.

Ainsi que nous le disions plus haut, le livre intéresse tout particulièrement les ingénieurs qui se trouvent sûrement guidés en ce qui concerne la direction des opérations de l'expertise, la rédaction et la forme de leurs rapports ainsi que sur les nombreuses questions soulevées sur l'application des divers tarifs et le mode de recouvrement de leurs honoraires, soit contre les parties qui l'ont mis en œuvre, soit sur le trésor public.

On trouvera également dans ce livre des considérations sur les devoirs, les obligations et la responsabilité des experts; des indications précieuses pour l'ingénieur conseil chargé en cette qualité de représenter les parties en cause, de défendre scientifiquement leurs intérêts dans les litiges de toute nature que la justice est appelée à résoudre, notamment devant les Conseils de Préfecture et dans les instances en contrefaçon de brevets d'invention portées au Civil ou au Correctionnel en vertu de la loi du 5 juillet 1844.

En résumé, ce traité comble une lacune et nous estimons qu'il constitue pour l'ingénier expert un instrument de travail nécessaire; c'est ce qui nous engage à le signaler d'une façon toute particulière à nos Collègues.

G. Dumont.

Ve SECTION

Les automobiles électriques, par Gaston Sencier, Ingénieur des Arts et Manufactures et A. Delasalle, Ingénieur, ancien élève de l'École de physique et de chimie, avec une préface de Charles Jeantaud (1).

Le livre de MM. Sencier et Delasalle attire l'attention parce qu'il est

(1) Un volume in-8e de 400 pages, orné de 192 gravures, prix 15 *f*, Veuve Charles Dunod éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, — 6e.

l'un des premiers à traiter ce sujet si spécial et si actuel des automobiles électriques; M. Charles Jeantaud, qu'on pourrait appeler le père de la locomotion électrique sur route, a dit, dans la préface du livre, tout le bien qu'il fallait en dire et, après lui, il semble difficile d'ajouter des indications intéressantes.

Il faut donc se résoudre à faire une analyse pure et simple du volume pour montrer aux lecteurs quelle source très complète de renseignements leur offre le livre en question.

En dehors des spécialistes de l'automobile, qui y trouveront tout ce qui concerne la voiture électrique, sa construction et son exploitation, les électriciens ne dédaigneront pas de trouver condensées les indications les plus utiles sur les accumulateurs, les électromoteurs et les appareils annexes.

Les auteurs ont divisé leur livre en trois grandes parties : les accumulateurs, les moteurs et les voitures.

En ce qui concerne les accumulateurs, tous les types principaux, qui ont trouvé leur application dans l'automobilisme, y sont décrits, et des figures, reproductions photographiques, permettent de saisir les caractéristiques de construction de chacun de ces appareils.

Les moteurs électriques font l'objet d'une étude théorique et expérimentale fort complète, avec intercalation de nombreux diagrammes de construction et de fonctionnement, à l'appui des exemples de calculs qui sont donnés.

A côté des moteurs nous trouvons la description des appareils annexés de commande et de réglage, ainsi que tous les accessoires de l'appareillage d'une électromobile.

En ce qui concerne les voitures proprement dites, MM. Sencier et Delasalle ont fait une monographie complète de toutes les voitures électriques depuis la première voiture de Jeantaud en 1881 jusqu'aux types les plus récents de 1901 ; cette monographie s'étend, non seulement aux voitures françaises, mais encore aux véhicules américains ou allemands, pour lesquels de nombreux documents inédits ont été fournis.

Dans une dernière partie, la question des voitures pétroléo-électriques est traitée d'une façon assez complète; toutefois je ne partage pas l'avis des auteurs en ce qui est de l'avenir de ces véhicules, pour lesquels la pratique a révélé de très graves inconvénients, dus principalement aux complications inhérentes au système.

Le livre de MM. Sencier et Delasalle met au point toutes les questions si complexes de l'automobilisme électrique, en montrant que le jour où la solution de l'accumulateur électrique sera définitive, les véhicules sur routes, de cette catégorie, sont appelés, à cause de leurs avantages, à prendre une large place dans l'industrie automobile.

Lucien Périssé.

———

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1901

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE PREMIER SEMESTRE, ANNÉE 1901

(Bulletins)

Pages.

ADMISSIONS DE NOUVEAUX MEMBRES

ARTILLERIE

AUTOMOBILES

BIBLIOGRAPHIE

CHEMINS DE FER

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

CONSTRUCTIONS CIVILES

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

Commandeurs de la Légion d'honneur : MM. J. Bessonneau, N. Belelubsky.

Officiers de la Légion d'honneur : MM. P. Arbel, A. Bajac, L.-C.-E. Baudet, H.-A. Beau, H.-A. Brustlein, A.-A. Dufrène, J.-A. Dupont, A. Egrot, E. Firminhac, L.-E. Francq, B.-E.-P. Garnier, E. Gruner, A. Lainey, E.-L.-E. Laurent, J. Le Blanc, E.-A. Lebon, E.-A. Postel-Vinay, D.-J. Poulot, H.-E. Sartiaux.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. L. d'Anthonay, E.-H. Arquembourg, P.-J.-J. Bergeron, G.-Ch. Binot de Villiers, A. Bochet, L. Bordet, E.-G. Bouillard, H. Bouruet-Aubertot, A.-J.-F. Cazaubon, J.-L.-F. Chagnaud, F. Cornesse, Ch.-A. Driont, P.-M. Fauquier, R. Godfernaux, E.-H. Hospitalier, Ch.-E. Iung, Ch. Janet, A. Lalance, A.-L.-F. Lotz, A. Loutreuil, Ch. Marteau, A.-A. Marx, P.-V. Masson, E. Mertz, G. Petit, J.-F. Raclet, J.-V. Ragot, L.-E. Serpollet, E. Taragonet, A.-L. de Traz, J.-L.-M. Turbot, E. Vedovelli, L. Eyrolles, M. Michon, L.-J. Miguet, A.-E. Simoneton, A.-E. Simon, Boghos Pacha Nubar, d'Abramson, J.-W. Post, L. Salazar, C. Sellerier, G.-L. Pesce.

Officiers de l'Instruction publique : MM. R. de Batz, A. Bloche, P. Buquet, J. Carpentier, A. Deghilage, J.-H. Digeon, H. Farjas, A. de Gennes, A. Gerbold, E. Madelaine, Ch. Mardelet, S. Merzbach, Ch. Zetter, J. Bonnet, A. Despaux, E. Schmidt.

Officiers d'Académie : MM. A. Barbou, L. Baudet, R. de Blottefière, A. Boyer-Guillon, A. Brice, A. Chertemps, E. Chouanard, A. Clerc, L. Decléty, M. Degeorge, E.-L. Deharme, L. Delloye, A. Dumesnil, P. Edelman, F. Eissen, H. Faucher, P.-L.-J. Faure-Beaulieu, A. Fayolle, L.-E. Gaumont, F.-P.-E. Geoffroy, P.-J. Grouvelle, V. Gueldry, P. Hamet, J. Haour, R.-J.-P.-M. Henry-Coüannier, H. Hervegh, J. Heurtematte, E. Jouan, A.-L.-L. Lebon, J. Leduc, Ch. Legras, Ed. Lelaurin. L.-M.-F. Leudet, J.-C.-A. Levesque, P.-M. Meilly, I. Manoach, F. Marboutin, J.-E. Maurer, Ch.-H. Mazoyer, J.-F. Pillet, Pierre Rey, G.-H. Risler, H. Sauvinet, G. Tourin, P. Vincey, L.-A. Perreau, J.-A. Simonet, F.-M. Richard, P. Baudouin, A. Berthelot, M. Boutté, F. Brard, L.-A. Burot, F. Calvé, A. Collot, C. Comte, S. Flachat, P. Gallotti, J.-M. Ganne, P. Jolibois, A. Lindeboom, E. Massicard, E. Moulle, E. Nicora, A. Ollivier, L. Périssé, E. Progneaux, L. Raynaud, P. Robert, J. Rousset, A. Bouvier, E. Despas, G. Lefebvre-Albaret.

Commandeur du Mérite agricole : M. A. Ronna.

Officier du Mérite agricole : MM. Ch. Bourdon, H. Haguet, J.-B-L. Vidal-Beaume.

Chevalier du Mérite agricole : MM. J. Pérard, R. Wallut, C. Durey-Sohy, Ch. Michel.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Commandeur d'Isabelle la Catholique : M. P. Machavoine.

— de l'Osmanieh : M. A. Chélu-Bey.

— du Medjidieh : MM. J. Périchon-Bey, P. Fleury.

Officier — M. P. Boubée.

Officier du Nicham Iftikar : M. C.-J.-A. Jablin-Gonnet.

DIVERS

DONS ET LEGS

ÉLECTRICITÉ

EXPOSITION

GÉNÉRATEURS ET MACHINES A VAPEUR

HYGIÈNE

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

OUVRAGES. MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PLANCHES

PRIX ET RÉCOMPENSES

TECHNOLOGIE

TRAVAUX PUBLICS

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1901.

Le Gérant, Secrétaire Administratif.
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 11830-6-01. — (Encre Lorilleux).

